

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIAS AMBIENTALES Y
SANITARIA**



**Influencia del pH en la eficiencia del proceso de coagulación –
floculación en el tratamiento de agua potable para la
ciudad de Moyobamba.**

**Tesis para obtener el título de:
INGENIERO SANITARIO**

Autor: José Fernando Santa Cruz Alarcón

Asesor: Ing. Alfonso Rojas Bardález

**Código
N° 06054414**

Moyobamba, agosto de 2016



ACTA DE SUSTENTACIÓN PARA OBTENER EL TITULO
PROFESIONAL DE INGENIERO SANITARIO

En la sala de conferencia de la Facultad de Ecología de la Universidad Nacional de San Martín-T sede Moyobamba y siendo las **Siete** de la Noche del día Viernes 16 de Setiembre del Dos Mil Dieciséis, se reunió el Jurado de Tesis integrado por:

Ing. M.Sc. MIRTHA FELICITA VALVERDE VERA	PRESIDENTE
Ing. GERARDO CÁCERES BARDALEZ	SECRETARIO
Blgo. MSc. ALFREDO IBAN DIAZ VISITACIÓN	MIEMBRO
Ing. ALFONSO ROJAS BARDALEZ	ASESOR

Para evaluar la Sustentación de la Tesis Titulado **“INFLUENCIA DEL pH EN LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE COAGULACIÓN – FLOCULACIÓN EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE PARA LA CIUDAD DE MOYOBAMBA”**; presentado por el Bachiller en Ingeniería Sanitaria **JOSÉ FERNANDO SANTA CRUZ ALARCÓN**, según Resolución Consejo de Facultad N° **0147-2014-UNSM-T-FE-CO** de fecha **17 de Diciembre del 2014**.

Los señores miembros del Jurado, después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas y terminada la réplica; luego de debatir entre sí, reservada y libremente lo declaran: **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **MUY BUENO** y nota **DIECISEIS (16)**.

En fe de la cual se firma la presente acta, siendo las **21:00pm** horas del mismo día, con lo cual se dio por terminado el presente acto de sustentación.

Ing. M.Sc. Mirtha Felicita Valverde Vera
Presidente

Ing. Gerardo Cáceres Bardalez
Secretario

Blgo. M.Sc Alfredo Iban Diaz Visitación
Miembro

Ing. Alfonso Rojas Bardalez
Asesor

DEDICATORIA:

A la memoria de mi madre, quien en vida y ahora desde el cielo me ha dado fuerzas para superar las dificultades y alcanzar mis metas.

AGRADECIMIENTO:

- ❖ A Dios por su amor y apoyo continuo e incondicional.
- ❖ A la Universidad Nacional de San Martín-T - Facultad de Ecología, por darme la oportunidad de formarme en sus aulas y alcanzar la calidad académica y profesional que me servirá para poder desenvolverme plenamente en el campo de mi carrera y en la sociedad.
- ❖ A la Empresa Prestadora de Servicios – EPS- Moyobamba que a través de su unidad de Tratamiento de agua nos ha brindado las facilidades y apoyo para obtener los datos que han permitido la realización de la presente investigación.
- ❖ A mis queridos familiares que siempre me han brindado su apoyo y han hecho posible que la realización de mis metas personales y profesionales.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE.....	iii
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del Problema.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. Fundamentación Teórica	3
1.3.1. Antecedentes de la Investigación.....	3
1.3.2. Bases Teóricas.....	4
1.3.3. Definición de Términos	15
1.4. Variables.....	17
1.5. Hipótesis.....	17
CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO.....	18
2.1. Tipo de Investigación	18
2.1.1. De acuerdo a la orientación.....	18
2.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación.....	18
2.2. Diseño de Investigación	18
2.3. Población y Muestra	19
2.3.1. Población:.....	19
2.3.2. Muestra:	19
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	19
2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos.....	20
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	21
3.1. Resultados	21
3.2. Discusiones	65
3.3. Conclusiones	66
3.4. Recomendaciones	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	68
ANEXOS.....	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 01 : Volumen de agua requerido para la muestra.	19
Tabla N° 02: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Enero 2015.....	24
Tabla N° 03: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Febrero 2015.....	25
Tabla N° 04: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Marzo 2015.....	26
Tabla N° 05: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Abril 2015.....	27
Tabla N° 06: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Mayo 2015.....	28
Tabla N° 07: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Junio 2015.....	29
Tabla N° 08: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Julio 2015	30
Tabla N° 09: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Agosto 2015.....	31
Tabla N° 10: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Septiembre 2015	32
Tabla N° 11: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Octubre 2015	33
Tabla N° 12: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Noviembre 2015	34
Tabla N° 13: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Diciembre 2015	35
Tabla N° 14: Comportamiento del pH del agua cruda en el Año 2015	36
Tabla N° 15: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Enero 2015.....	37
Tabla N° 16: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Febrero 2015..	38
Tabla N° 17: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Marzo 2015...	39
Tabla N° 18: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Abril 2015.....	40
Tabla N° 19: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Mayo 2015....	41
Tabla N° 20: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Junio 2015.....	42
Tabla N° 21: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Julio 2015.	43
Tabla N° 22: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Agosto 2015..	44
Tabla N° 23: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Septiembre 2015	45
Tabla N° 24: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Octubre 2015	46
Tabla N° 25: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Noviembre 2015	47
Tabla N° 26: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Diciembre 2015.	48
Tabla N° 27: Comportamiento la Turbiedad del agua cruda en el Año 2015	49
Tabla N° 28: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación- Floculación en el mes de enero 2015.....	50
Tabla N° 29: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación- Floculación en el mes de Febrero 2015.	51

Tabla N° 30: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Marzo 2015.	52
Tabla N° 31: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Abril 2015.	53
Tabla N° 32: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Mayo 2015.....	54
Tabla N° 33: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Junio 2015.	55
Tabla N° 34: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Julio 2015.	56
Tabla N° 35: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Agosto 2015.	57
Tabla N° 36: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Septiembre 2015.....	58
Tabla N° 37: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Octubre 2015.	59
Tabla N° 38: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Noviembre 2015.....	60
Tabla N° 39: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Diciembre 2015.....	61
Tabla N° 40: Comportamiento de la turbiedad promedio antes y después del proceso de coagulación-Floculación en el año 2015.....	62
Tabla N° 41: Frecuencias Absolutas de las muestras en relación al pH (X) y porcentaje de Remoción (Y) en el año 2015.	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 01: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Enero 2015	24
Gráfico N° 02: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Febrero 2015.....	25
Gráfico N° 03: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Marzo 2015.....	26
Gráfico N° 04: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Abril 2015	27
Gráfico N° 05: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Mayo 2015.....	28
Gráfico N° 06: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Junio 2015	29
Gráfico N° 07: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Julio 2015	30
Gráfico N° 08: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Agosto 2015	31
Gráfico N° 09: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Septiembre 2015	32
Gráfico N° 10: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Octubre 2015	33
Gráfico N° 11: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Noviembre 2015	34
Gráfico N° 12: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Diciembre 2015	35
Gráfico N° 13: Comportamiento del pH del agua cruda en el Año 2015.....	36
Gráfico N° 14: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Enero 2015.	37
Gráfico N° 15: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Febrero 2015.	38
Gráfico N° 16: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Marzo 2015.	39
Gráfico N° 17: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Abril 2015.	40
Gráfico N° 18: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Mayo 2015.	41
Gráfico N° 19: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Junio 2015.	42
Gráfico N° 20: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Julio 2015.	43
Gráfico N° 21: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Agosto 2015.	44
Gráfico N° 22: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Septiembre 2015.	45
Gráfico N° 23: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda mes de Octubre 2015 ...	46
Gráfico N° 24: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Noviembre 2015	47
Gráfico N° 25: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Diciembre 2015. .	48
Gráfico N° 26: Comportamiento la Turbiedad del agua cruda en el Año 2015.....	49
Gráfico N° 27: Frecuencias Absolutas de las muestras en relación al pH (X) y porcentaje de Remoción (Y) en el año 2015.	63

RESUMEN

La presente investigación denominada: “Influencia del pH en la eficiencia del proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba”, es un estudio de tipo correlacional, realizado con el objeto de determinar en qué medida el pH influye en el proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de agua, investigación que se realizó en la planta de tratamiento de agua de la ciudad de Moyobamba en el año 2015.

Para cumplir con el objetivo de la investigación se ha realizado la descripción del proceso de tratamiento empleado en la planta de tratamiento de agua, así como la evaluación de los parámetros de pH y turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento, y de la turbidez del agua que de los decantadores, durante todos los días del año. Adicionalmente se ha realizado el análisis estadístico para determinar el grado de correlación entre las variables de estudio.

En relación al comportamiento del pH y turbiedad, se ha establecido que el primero no presenta variaciones significativas y que su valor promedio es ligeramente alcalino, mientras que la turbiedad del agua que es tratada sí presenta variaciones significativas; para ambos parámetros las variaciones están asociadas principalmente a las variaciones climáticas de la zona.

El presente estudio ha permitido establecer que el pH sí influye en el proceso de coagulación –floculación en el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba, siendo el grado de correlación débil para los rangos de pH evaluados, pues este parámetro no presenta variaciones significativas durante el año.

Palabras claves: pH, turbiedad, coagulación, floculación, tratamiento de agua.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA



CENTRO DE IDIOMAS

ABSTRACT

The present investigation called: "Influence of pH in the efficiency of the coagulation-flocculation process in the treatment of drinking water for Moyobamba city", is a study of type correlational study, conducted with the object of determining to what extent the pH influences the coagulation-flocculation process in the treatment of water, research that was carried out in the water treatment plant of Moyobamba city in the year 2015.

To meet the objective of the research has-been done the description of the treatment process used in the water treatment plant, as well as the assessment of the parameters of pH and turbidity of water That Enters the treatment plant, and the turbidity of water That the decanters, During every day of the year. Additionally there have made the statistical analysis to determine the degree of correlation between the variables of the study.

Regarding the behavior of pH and turbidity, it has been established that the first no significant variations and their average value is slightly alkaline, whereas the turbidity of the water being treated does present significant variations; for both parameters variations are associated mainly to climatic variations in the area.

This study establishes that the pH does influence the coagulation process - flocculation in the treatment of drinking water for the city of Moyobamba, with the degree of weak correlation for pH ranges evaluated, as this parameter no significant variations during the year.

Key words: pH, turbidity, coagulation, flocculation, water treatment.

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

La calidad del agua potable es una cuestión que preocupa en países de todo el mundo, en desarrollo y desarrollados, por su repercusión en la salud de la población. Las enfermedades relacionadas con la contaminación del agua de consumo tienen una gran repercusión en la salud de las personas. Las medidas destinadas a mejorar la calidad del agua de consumo proporcionan beneficios significativos para la salud. **(OMS)**

Es así que en todo el mundo y a lo largo de la historia, se han implementado muchos sistemas de tratamiento del agua para convertirla en apta para el consumo humano, y prevenir las enfermedades que se originan como consecuencia del consumo de agua inadecuada.

En nuestro país y región, aproximadamente el 65 por ciento de la población tiene acceso a fuentes mejoradas de agua (**MINAM -INEI, 2012**). Las cuales en su mayoría son tratadas utilizando una planta de tratamiento convencional como es el caso de la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Moyobamba. En cuyo proceso una de las fases de mayor cuidado y elevado costo es la coagulación y floculación.

La coagulación y floculación tienen como objetivo eliminar partículas que causan la turbidez y color aparente del agua, logrando la desestabilización de las partículas en suspensión, facilitando su aglomeración y posterior sedimentación. Es así que por la importancia que tiene el correcto desarrollo de este proceso, se realizan ensayos para determinar la dosis óptima de sustancia química precipitante, para lograr mejores resultados en el tratamiento del agua y uso más eficiente de los recursos con que cuenta la planta de tratamiento de agua. Sin embargo son muchos los factores que pueden influir en la selección de la cantidad óptima de coagulante, como es el caso del pH, que si bien es cierto es medido al momento de realizar el ensayo de jarras, en la mayoría de plantas de tratamiento no se realizan modificaciones del mismo, haciendo que la dosis se ajuste a dicho parámetro, lo que podría representar significativas

variaciones en el proceso de coagulación y floculación, y su posterior repercusión en la calidad de agua que se consume.

En la planta de tratamiento de Moyobamba, se emplea como principal coagulante el sulfato de aluminio, cuya inadecuada dosificación, no garantiza la buena calidad del agua y puede afectar la buena salud de la población. (**EPS Moyobamba, Plan Maestro Optimizado, 2006**). Por ello, es de gran importancia la realización adecuada del proceso de coagulación y floculación, así como el conocimiento y control de los parámetros que influyen en el mismo, como es el pH.

Ante lo descrito, comprometidos con dicha problemática, nos planteamos: *¿Cuál es la influencia del pH en el proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba?*

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

- Determinar la influencia del pH en el proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba.

1.2.2. Objetivos Específicos

- Describir el proceso de tratamiento del agua en la planta de tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba.
- Realizar la caracterización física química del agua cruda que ingresa a la planta de tratamiento de agua potable, mediante la determinación del pH y turbiedad del agua
- Realizar la caracterización física del agua tratada después del proceso de coagulación – floculación, mediante la determinación de la turbiedad del agua.
- Determinar del grado de correlación entre el pH del agua y el porcentaje de remoción de la turbiedad.

1.3. Fundamentación Teórica

1.3.1. Antecedentes de la Investigación

- **Restrepo. (2009)** en su trabajo de investigación: **“Evaluación del Proceso de Coagulación – Floculación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable”**. En relación a la concentración de iones H^+ o pH, indica que: Para cada coagulante hay por lo menos una zona de pH óptima, en la cual una buena floculación ocurre en el tiempo más corto y con la misma dosis de coagulante. Así mismo concluye que, el Sulfato de Aluminio líquido Tipo B es una muy buena opción siempre y cuando el agua tenga una alcalinidad apropiada.

- **Andía, (2000)**. En su investigación: **Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento de Agua: Coagulación Floculación**. Indica que: El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar; si la coagulación se realiza fuera del rango de pH óptimo entonces se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta. Para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0 y para las sales de hierro, el rango de pH óptimo es de 5.5 a 8.5 unidades.

- **Guerra, (2008)**. En su investigación: **Prueba de Coagulación – Floculación**, realizado en la **Universidad Iberoamericana Laboratorio de Ingeniería Ambiental**. En sus resultados obtenidos indica la relación que existe entre el pH y el porcentaje de remoción de la turbiedad, pues luego de realizar pruebas de jarras a diferentes valores de pH (7.5; 8.0; 9.0; 10.0); y obtener diferentes valores de remoción (98.76 %; 98.09%; 97.85%; 68.93%); resalta el mayor porcentaje de remoción alcanzado para un pH de 7.5 y que el mejor pH es uno cercano al neutral.

- **Castro de Esparza y Pérez, (1981)** en su investigación “**Determinación de Variables Químicas**”. Como parte del **Programa Regional de Mejoramiento de Calidad de Agua para Consumo Humano. OPS / EHP / CEPIS**. Concluyen que: Mediante el uso del equipo de prueba de jarras se determinó la influencia del pH en la variación de la calidad del agua cuando se usa la dosis óptima de coagulante (20 mg/lit de sulfato de aluminio) para una turbiedad de 65 UT de una muestra de agua procedente del río Rímac, que contiene una concentración de alta dureza, y que va a ser tratada en la planta de la Atarjea de Lima.

1.3.2. Bases Teóricas

a) El pH

El pH de una disolución se define como el logaritmo negativo de la concentración del ion hidrógeno (en mol/L)

$$pH = -\log [H_3O^+] \text{ o } pH = -\log [H^+]$$

Así a 25° C se tienen:

Disoluciones ácidas $pH < 7.00$

Disoluciones básicas $pH > 7.00$

Disoluciones Neutras $pH = 7.00$

(Chang, 2007)

Es un parámetro básico que indica el grado de acidez o basicidad del agua. Este parámetro tiene mucha influencia en una serie de reacciones que ocurren en el agua. Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales. El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización. Durante la coagulación, la remoción de la turbiedad es eficiente por lo general en un rango de pH de 6,0 a 7,8, mientras que la remoción del color se consigue con un pH de entre 4 y 6. Sin embargo, es necesario puntualizar que el pH óptimo para ambos casos debe determinarse por medio de la prueba de jarras. (Barrenechea, 2004)

Los valores de pH del agua destinada al consumo humano, debe estar entre los valores límites de 6.5 y 8.5 unidades de pH.

(DIGESA, 2011)

b) Calidad del Agua

La calidad de cualquier masa de agua, superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Sin la acción humana, la calidad del agua vendría determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. **(ONU, 2014).**

Por lo general, la calidad del agua se determina comparando las características físicas y químicas de una muestra de agua con unas directrices de calidad del agua o estándares. En el caso del agua potable, estas normas se establecen para asegurar un suministro de agua limpia y saludable para el consumo humano y, de este modo, proteger la salud de las personas. Estas normas se basan normalmente en unos niveles de toxicidad científicamente aceptables tanto para los humanos como para los organismos acuáticos. **(ONU, 2014).**

El término calidad del agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Esto quiere decir que una fuente de agua suficientemente limpia que permita la vida de los peces puede no ser apta para la natación y un agua útil para el consumo humano puede resultar inadecuada para la industria. Para decidir si un agua califica para un propósito particular, su calidad debe especificarse en función del uso que se le va a dar. Bajo estas consideraciones, se dice que un agua está

contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial. **(Barrenechea, 2004)**

c) **Turbiedad del Agua**

La turbiedad es originada por las partículas en suspensión o coloides (arcillas, limo, tierra finamente dividida, etcétera). La turbiedad es causada por las partículas que forman los sistemas coloidales; es decir, aquellas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. **(Barrenechea, 2004)**

La velocidad de sedimentación de las partículas pequeñas (menores al micrón de diámetro) es muy baja, por lo que requieren tratamiento para lograrla en tiempos útiles. Las mayores a un micrón sedimentan espontáneamente. Mientras algunas son de naturaleza inorgánica (arcillas, fangos y óxidos minerales), que provienen de la erosión del suelo, otras son de naturaleza orgánica (bacterias, parásitos, algas, zooplancton, ácidos fúlvicos y coloides húmicos). **(Pérez y Espigares, 1995).**

El efecto de las partículas en el agua depende de sus propiedades físico-químicas y biológicas. Debido a su pequeño tamaño, poseen una gran superficie, que les confiere un gran poder de adsorción de sustancias tóxicas, tales como metales pesados, pesticidas, hidrocarburos clorados y virus, capaces de asociarse con partículas orgánicas o inorgánicas, por lo que su ingestión puede ser el origen de efectos agudos o crónicos en la salud humana. Por otra parte, los ácidos húmicos y fúlvicos combinados con el cloro pueden producir cloroformo, carcinógeno experimental, y otros compuestos clorados de toxicidad desconocida, por lo que es conveniente eliminar estas sustancias antes de efectuar la cloración del agua. **(Pérez y Espigares, 1995).**

Partículas Coloidales

Las partículas coloidales en el agua por lo general presentan un diámetro entre 1 y 1.000 milimicrómetros y su comportamiento depende de su naturaleza y origen. Estas partículas presentes en el agua son las principales responsables de la turbiedad. **(Barrenechea, 2004)**

Dos de los factores que mantienen a las partículas coloidales en suspensión son la hidratación y la repulsión electrostática. La hidratación es la reacción de la superficie de las partículas con el agua que las rodea, la cual reduce la gravedad específica resultantes más grandes haciéndolas más cercanas a la del agua. La repulsión electrostática se desarrolla porque las partículas coloidales usualmente tienen una carga neta en la superficie con relación a la solución. Esta carga es el resultado de la ionización de pequeños iones superficiales, usualmente positivos, que dejan una carga en la superficie, comúnmente negativa, o puede resultar del intercambio iónico en la superficie. Estas cargas, atraen los iones positivos del agua, los cuales se adhieren fuertemente a las partículas y atraen a su alrededor iones negativos acompañados de una débil cantidad de iones positivos. Los iones que se adhieren fuertemente a la partícula y se desplazan con ella, forman la capa adherida o comprimida, mientras que los iones que se adhieren débilmente constituyen la capa difusa, (este modelo atribuido a Gouy y Steam se denomina “Modelo de la doble capa”) por lo tanto hay un gradiente o potencial electrostático entre la superficie de la partícula y la solución, llamado Potencial Zeta. **(Singley, 1986)**

d) Proceso de coagulación en el tratamiento de agua.

La coagulación puede entenderse como la desestabilización eléctrica de algunas partículas mediante la adición de sustancia químicas que son los coagulantes. Esta operación se efectúa en unidades y tanques de mezcla rápida, en los cuales el agua se somete a agitación muy intensa para formar una solución

homogénea de los coagulantes con el agua en el menor tiempo posible. Este proceso, junto a la floculación, se usa para:

- Remoción de turbiedad orgánica o inorgánica que no se puede sedimentar rápidamente.
- Remoción de color verdadero y aparente.
- Eliminación de bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación.
- Destrucción de algas y plancton en general.
- Eliminación de sustancias productoras de sabor y olor, en algunos casos de precipitados químicos suspendidos en otros.

El uso de cualquier otro proceso para la remoción de partículas muy finas, como la sedimentación simple, resulta muy poco económico y en ocasiones imposible, debido al alto tiempo requerido. (Arboleda, 2000).

Mecanismos de Coagulación

En el tratamiento del agua será necesario alterar las fuerzas iónicas mediante la adición de sales de aluminio o de hierro o de polímeros sintéticos que provoquen el fenómeno de la coagulación.

Actualmente se considera la coagulación como el resultado de la acción de cuatro mecanismos:

- i. Compresión de capa difusa;
- ii. Adsorción y neutralización;
- iii. Barrido;
- iv. Adsorción y formación del puente.

(Barrenechea, 2004)

i. Compresión de la doble capa

Incrementando la concentración del electrolito se incorporan contraiones en la capa difusa, con lo cual ésta se represa y se disminuye la magnitud de las fuerzas repulsivas, permitiendo la eliminación de la barrera de energía. Por eso, la adición de una sal neutra (electrolito indiferente) no cambia el potencial del coloide pero altera la forma de la curva de las fuerzas

culómbicas, disminuyendo la distancia hasta la cual son efectivas. **(Arboleda, 2000)**

ii. Adsorción y neutralización de la carga

La desestabilización de una dispersión coloidal consiste en las interacciones entre coagulante-coloide, coagulante-solvente y coloide-solvente. El efecto de adsorción y neutralización de la carga se encuentra estrechamente ligado al de compresión de la doble capa. **(Barrenechea, 2004)**

iii. Captura en un precipitado de hidróxido metálico o captura por barrido

Se produce cuando se agrega una concentración de coagulantes tan alta, que se excede el límite de solubilidad de ese compuesto en el agua. En ese momento se precipitan los hidróxidos que se forman por reacción de la alcalinidad y el agua misma con los coagulantes, con lo que se induce la producción de una masa esponjosa (floc de barrido) que atrapa en su caída a los coloides y partículas suspendidas las cuales se ven forzadas a decantar, incorporadas dentro del precipitado que descende. **(Arboleda, 2000)**

iv. Adsorción y puente interparticular

La coagulación puede realizarse también usando una variedad significativa de compuestos orgánicos sintéticos y naturales caracterizados por grandes cadenas moleculares, que gozan de la propiedad de presentar sitios ionizables a lo largo de la cadena y de actuar como coagulantes. Los polímeros pueden ser clasificados como:

- a) Catiónicos: presentan sitios ionizables positivos
- b) Aniónicos: presentan sitios ionizables negativos
- c) No iónicos: no presentan sitios ionizables
- d) Anfóliticos: presentan sitios ionizables positivos y negativos.

(Barrenechea, 2004)

Factores que influyen en la Coagulación

Según refiere **Andía (2000)**, entre los factores que tienen mayor incidencia en el proceso de coagulación tenemos:

- ***Influencia del pH:*** El pH es la variable más importante a tener en cuenta al momento de la coagulación, para cada agua existe un rango de pH óptimo para la cual la coagulación tiene lugar rápidamente, ello depende de la naturaleza de los iones y de la alcalinidad del agua.

El rango de pH es función del tipo de coagulante a ser utilizado y de la naturaleza del agua a tratar.

- ***Influencia de las Sales Disueltas:*** Las sales contenidas dentro del agua ejercen las influencias siguientes sobre la coagulación y floculación:

- Modificación del rango de pH óptimo.
- Modificación del tiempo requerido para la floculación.
- Modificación de la cantidad de coagulantes requeridos.
- Modificación de la cantidad residual del coagulante dentro del efluente. se debe aumentar la cantidad del coagulante; por lo tanto la dosis requerida es alta.

- ***Influencia de la Temperatura del Agua:*** La variación de 1°C en la temperatura del agua conduce a la formación de corrientes de densidad (variación de la densidad del agua) de diferentes grados que afectan a la energía cinética de las partículas en suspensión, por lo que la coagulación se hace más lenta; temperaturas muy elevadas desfavorecen igualmente a la coagulación.

Una disminución de la temperatura del agua en una unidad de decantación conlleva a un aumento de su viscosidad; esto explica las dificultades de la sedimentación de un floc.

- ***Influencia de la Dosis del Coagulante:*** La cantidad del coagulante a utilizar tiene influencia directa en la eficiencia de la coagulación, así:
 - Poca cantidad del coagulante, no neutraliza totalmente la carga de la partícula, la formación de los microfloculos es muy escasa, por lo tanto la turbiedad residual es elevada.
 - Alta cantidad de coagulante produce la inversión de la carga de la partícula, conduce a la formación de gran cantidad de microfloculos con tamaños muy pequeños cuyas velocidades de sedimentación muy bajas, por lo tanto la turbiedad residual es igualmente elevada.
 - La selección del coagulante y la cantidad óptima de aplicación; se determina mediante los ensayos de pruebas de jarra.

La selección del coagulante y la dosis juegan un rol muy importante sobre:

- La buena o mala calidad del agua clarificada.
- El buen o mal funcionamiento de los decantadores.

- ***Influencia de Mezcla:*** El grado de agitación que se da a la masa de agua durante la adición del coagulante, determina si la coagulación es completa; turbulencias desiguales hacen que cierta porción de agua tenga mayor concentración de coagulantes y la otra parte tenga poco o casi nada; la agitación debe ser uniforme e intensa en toda la masa de agua, para asegurar que la mezcla entre el agua y el coagulante haya sido bien hecho y que se haya producido la reacción química de neutralización de cargas correspondiente.

En el transcurso de la coagulación y floculación, se procede a la mezcla de productos químicos en dos etapas. En la primera etapa, la mezcla es enérgica y de corta duración (60 seg., máx.)

llamado mezcla rápida; esta mezcla tiene por objeto dispersar la totalidad del coagulante dentro del volumen del agua a tratar, y en la segunda etapa la mezcla es lenta y tiene por objeto desarrollar los microflóculos.

- ***Influencia de la Turbiedad:*** La variación de la concentración de las partículas permiten hacer las siguientes predicciones:
 - Para cada turbiedad existe una cantidad de coagulante, con el que se obtiene la turbiedad residual más baja, que corresponde a la dosis óptima.
 - Cuando la turbiedad aumenta se debe adicionar la cantidad de coagulante no es mucho debido a que la probabilidad de colisión entre las partículas es muy elevada; por lo que la coagulación se realiza con facilidad; por el contrario cuando la turbiedad es baja la coagulación se realiza muy difícilmente, y la cantidad del coagulante es igual o mayor que si la turbiedad fuese alta.
 - Cuando la turbiedad es muy alta, conviene realizar una presedimentación natural o forzada, en este caso con el empleo de un polímero aniónico.
 - Es siempre más fácil coagular las aguas de baja turbiedad y aquellas contaminadas por desagües domésticos industriales, porque requieren mayor cantidad de coagulante que los no contaminados.

- **Sistema de Aplicación del Coagulante:** Se considera que una reacción adecuada del coagulante con el agua se produce cuando:
 - La dosis del coagulante que se adicione al agua es en forma constante y uniforme en la unidad de mezcla rápida, tal que el coagulante sea completamente dispersado y mezclado con el agua.
 - El sistema de dosificación debe proporcionar un caudal constante y fácilmente regulable. Esta condición se

obtiene por medio de los equipos de dosificación tanto para los coagulantes al estado sólido y estado líquido, que deben encontrarse calibrados y comprobados en la práctica por medio de las pruebas de aforamiento.

Clases de Coagulantes

Los productos químicos más usados como coagulantes en el tratamiento de las aguas, según **Barrenechea (2004)**, son el sulfato de aluminio, el cloruro férrico, el sulfato ferroso y férrico y el cloro-sulfato férrico

- **Sales de Aluminio:** Puede estar en forma sólida o líquida. La sólida se presenta en placas compactas, gránulos de diverso tamaño y polvo. Su fórmula teórica es $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$. Su concentración se define, en general, por su contenido en alúmina, expresada en Al_2O_3 , es decir, 17% aproximadamente. La densidad aparente del sulfato de aluminio en polvo es del orden de 1.000 kg/m^3 .
- **Sales de Hierro:** Se utiliza el Cloruro Férrico, y los Sulfatos de Hierro Férrico y Ferroso. Forman un floc más pesado y de mayor velocidad de asentamiento que las sales de aluminio.
 - *Cloruro férrico $FeCl_3$:* Se presenta en forma sólida o líquida; esta última es la más utilizada en el tratamiento del agua. La forma sólida es cristalina, de color pardo, delicuescente, de fórmula teórica $FeCl_3 \cdot 6 H_2O$.
 - *Sulfato ferroso $FeSO_4 \cdot 7 H_2O$* El sulfato ferroso usado en el tratamiento de agua es un polvo de color verde muy soluble y tiene una masa volumétrica aparente próxima a 900 kg/m^3 . Su contenido en hierro es de aproximadamente 19%. Por su naturaleza ácida, el pH de una solución al 10% es de 2,8 aproximadamente.
 - *Sulfato férrico $Fe_2(SO_4)_3$:* El sulfato férrico es un polvo blanco verdoso, muy soluble en el agua, su masa

volumétrica aparente es 1.000 kg/m^3 . Debido a que en solución acuosa se hidroliza y forma ácido sulfúrico, es necesario prevenir los efectos de su acidez.

- ***Ayudantes de la coagulación:*** Son polímeros aniónicos, catiónicos (de polaridad muy variable) o neutros, los cuales pueden presentar forma sólida (polvo) o líquida. Son sustancias de un alto peso molecular, de origen natural o sintético. Requieren ensayos de coagulación y floculación antes de su elección.

e) **Floculación**

La floculación es el fenómeno por el cual las partículas ya desestabilizadas chocan unas con otras para formar coágulos mayores. (Arboleda, 2000)

La floculación consiste en la aglomeración, mediante la agitación moderada del agua, de las partículas que se desestabilizaron durante la coagulación, formando otras de mayor tamaño y peso específico –flóculos. Los objetivos básicos de la floculación son reunir microflóculos para formar partículas con peso específico superior al del agua y compactar el flóculo disminuyendo su grado de hidratación para producir baja concentración volumétrica, lo cual produce una alta eficiencia en los procesos posteriores como sedimentación y filtración. (Rodríguez, 1995).

Cinética de la Floculación

Tan pronto como se agregan coagulantes a una suspensión coloidal, se inician una serie de reacciones hidrolíticas que adhieren iones a la superficie de las partículas presentes en la suspensión, las cuales tienen así oportunidad de unirse por sucesivas colisiones hasta formar flóculos que crecen con el tiempo. La rapidez con que esto ocurre depende del tamaño de las partículas con relación al estado de agitación del líquido, de la concentración de las mismas y de su “grado de desestabilización”, que es el que permite que las

colisiones sean efectivas para producir adherencia. (Arboleda, 2000)

Tipos de Floculación.

Según refiere Andía (2000), existen 2 tipos de floculación:

– **Floculación Pericinética**

Está producido por el movimiento natural de las moléculas del agua y está inducido por la energía térmica, este movimiento es conocido como el movimiento browniano.

– **Floculación Ortocinética**

Se basa en las colisiones de las partículas debido al movimiento del agua, el que es inducido por una energía exterior a la masa de agua y que puede ser de origen mecánico o hidráulico.

Después que el agua es coagulada es necesario que se produzca la aglomeración de los microflóculos; para que esto suceda se produce primero la floculación pericinética luego se produce la floculación ortocinética.

1.3.3. Definición de Términos

Absorción: Fijación y concentración selectiva de sólidos disueltos en el interior de un material sólido, por difusión.

Acido: Sustancia que, en disolución, incrementa la concentración de iones de hidrógeno.

Adsorción: Fenómeno fisicoquímico que consiste en la fijación de sustancias gaseosas, líquidas o moléculas libres disueltas en la superficie de un sólido.

Agua cruda: Es aquella agua, en estado natural, captada para abastecimiento que no ha sido sometido a procesos de tratamiento.

Agua Decantada: Es aquella agua, que en el proceso de tratamiento para consumo humano, sale del o los decantadores.

Agua tratada: Toda agua sometida a procesos físicos, químicos y/o biológicos para convertirla en un producto inocuo para el consumo humano.

Agua de consumo humano: Agua apta para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal.

Base: Sustancia que libera iones hidróxido cuando se disuelve en agua.

Corrosión: Deterioro de un material a consecuencia de un ataque electroquímico por su entorno.

Coagulación: Proceso mediante el cual se desestabiliza o anula la carga eléctrica de las partículas presentes en una suspensión, mediante la acción de una sustancia coagulante para su posterior aglomeración.

Decantación: Proceso que se utiliza para separar mezclas heterogéneas, que pueden estar conformadas por una sustancia líquida y una sólida, o por dos sustancias líquidas, por efecto de sus diferentes densidades.

Dosificador: Aparato o mecanismo que sirve para suministrar cantidades determinadas de un producto o sustancia.

Floculación: Proceso mediante el cual se aglutinan las sustancias coloidales presentes en el agua, facilitando de esta forma su decantación y posterior filtrado.

Ion: Átomo o grupo de átomos que tienen una carga neta positiva o negativa.

Mezcla rápida: Mecanismo por el cual se debe obtener una distribución instantánea y uniforme del coagulante aplicado al agua.

pH: Es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones hidronio $[H_3O]^+$ presentes en determinadas disoluciones.

Polímeros o poli electrolitos: Son compuestos complejos de alto peso molecular que se utilizan no propiamente como coagulantes sino como ayudantes de coagulación.

Remoción: Efecto de remover o removerse, para el caso de tratamiento del agua se entiende al proceso de retirar del agua sustancias o seres que alteran su calidad.

Sedimentación: Proceso de remoción de partículas discretas por acción de la fuerza de gravedad.

Turbidez: Falta de transparencia de un líquido debido a la presencia de partículas en suspensión.

1.4. Variables

- **Variable Independiente:**
X = El pH
- **Variable Dependiente:**
Y = El proceso de Coagulación y Floculación

1.5. Hipótesis

H₁: El pH influye en el proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba.

H₀: El pH no influye en el proceso de coagulación – floculación en el tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba.

CAPÍTULO II: MARCO METODOLÓGICO

2.1. Tipo de Investigación

2.1.1. De acuerdo a la orientación.

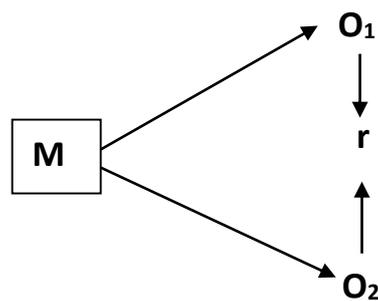
- Básica

2.1.2. De acuerdo a la técnica de contrastación

- Correlacional

2.2. Diseño de Investigación

La presente investigación obedece a un diseño de tipo correlacional, porque se realizará la observación de dos variables y a partir de dichas observaciones, se establecerá la relación existente entre dichas variables, el esquema utilizado se muestra a continuación:



Donde:

M : Representa la muestra.

O₁ : Representa la observación de la Variable 1 (el pH)

O₂ : Representa la observación de la Variable 2 (El proceso de coagulación y floculación).

r : Representa el grado de correlación entre las variables.

Es importante mencionar que para la presente investigación se ha realizado una observación diaria para cada variable, durante todo el año 2015.

2.3. Población y Muestra

2.3.1. Población:

La población está representada por el volumen total del agua que ingresa a la planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Moyobamba, la misma que es abastecida por las captaciones ubicadas en las partes altas de las microcuencas de las quebradas Rumiyaçu y Mishquiyaçu.

2.3.2. Muestra:

La muestra está representada por el volumen de agua requerido para determinar los valores de pH y turbiedad del agua al ingreso a la planta de tratamiento y la turbiedad a la salida del decantador.

Dicha cantidad está expresada en litros y se detalla a continuación:

Tabla N° 01 : Volumen de agua requerido para la muestra.

pH	Turbiedad		Total Diario	Cantidad de días de muestreo	Volumen total de la muestra
	Agua cruda	Agua decantada			
1 Litro	1 Litro	1 Litro	3 Litros	365 Litros	1 095 Litros

2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos

Las observaciones y mediciones fueron realizadas en forma directa mediante el desarrollo de diversos procedimientos de medición y el empleo de instrumentos adecuados a los objetivos de la presente investigación:

- **Selección de la muestras a evaluar**, las muestras fueron tomadas, según el interés de evaluación, una de ellas a la entrada a la planta de tratamiento de agua y otra muestra luego del proceso de floculación-decantación. Teniendo en cuenta el periodo de retención la toma de muestra se realizó con un intervalo de tiempo de 4 horas entre las muestras tomadas para el agua cruda y la muestra tomada del agua decantada.

- **Determinación de los parámetros de pH y turbidez del agua cruda,** se realizó en el laboratorio de la planta de tratamiento de la EPS-Moyobamba, con equipos adecuados como: Turbidímetro y peachímetro, debidamente calibrados.
- **Determinación de la turbidez del agua decantada,** se realizó en el laboratorio, con el Turbidímetro, debidamente calibrado, para con este dato poder determinar el porcentaje de remoción de la turbidez.

2.5. Técnicas de Procesamiento y Análisis de Datos

Para el procesamiento de la información se utilizó información bibliográfica y procedimental relacionada al tema de estudio, así mismo se tuvo el soporte de formatos Excel, cuadros comparativos entre los resultados obtenidos, siguiendo las especificaciones de las normas nacionales e internacionales, así como el análisis estadístico para la descripción y determinación del grado de correlación entre variables, mediante la determinación del coeficiente de correlación de Pearson:

$$r = \frac{\sum(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x_i - \bar{x})^2 \sum(y_i - \bar{y})^2}}$$

Donde:

r : Es el coeficiente de correlación.

x_i : Representa los valores de la variable x.

y_i : Representa los valores de la variable y.

\bar{x} : Representa el promedio de la variable x.

\bar{y} : Representa el promedio de la variable y.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados

3.1.1. Descripción del proceso de tratamiento de agua potable, empleado en la planta de tratamiento de agua potable para la ciudad de Moyobamba.

Los procesos asociados al tratamiento de agua en la planta de tratamiento de agua para consumo de la ciudad de Moyobamba se describen a continuación:

A. Captación: La captación del agua que es tratada y luego aprovechada por la ciudad de Moyobamba, se realiza principalmente de dos fuentes: Rumiyacu y Misquiyacu, adicionalmente se tienen dos ojos de agua.

- **Captación Rumiyacu:** La quebrada Rumiyacu, constituye la fuente principal de captación de agua que abastece a la Planta de Tratamiento, y presenta las siguientes características:

Su captación está compuesto por un barraje y muro de encauzamiento, una losa de fondo del vaso, además cuenta con una caja de concreto armado con su respectiva compuerta metálica, una válvula compuerta de control y una reja metálica la misma que impide el paso de elementos flotantes y sumergidos en suspensión. Esta estructura en su conjunto permite captar la totalidad de las aguas en épocas de estiaje, contando para ella con una tubería de 134,07 l/s de capacidad hidráulica en su primer tramo.

- **Captación Mishquiyacu:** La Fuente de captación de Mishquiyacu, está compuesto por un barraje y muro de encauzamiento de mampostería de piedra y mortero, una losa de fondo del vaso, además cuenta con una caja del mismo material con su respectiva válvula compuerta de \varnothing 8" y una canastilla P.V.C. \varnothing 8". Esta estructura en su conjunto permite captar la totalidad de las aguas en épocas de estiaje, contando para ello con una tubería de 66,36 l/s de capacidad hidráulica en su primer tramo.

- B. Conducción:** Constituido por los conductos que transportan el agua desde las captaciones hacia la planta de tratamiento de agua, la conforman tuberías de 10” y 8” de diámetro, las líneas de conducción independientes de cada captación se unen en una caja de reunión común desde donde se tiene un tramo común, pero con dos tubos independientes, al ingreso a la planta de tratamiento ambas líneas de conducción se unen nuevamente, aportando juntas un caudal promedio aproximado de 45 L/s en épocas de estaje y 75 L/s en épocas de avenidas respectivamente, la temperatura del agua que ingresa a la planta de tratamiento alcanza un valor promedio de 23°C.
- C. Dosificación y aplicación de coagulantes:** El proceso de dosificación se realiza en dos tanques de concreto armado, de allí la solución conteniendo el coagulante se mezcla con el agua cruda, a través de un difusor instalado en el canal de mezcla rápida. El coagulante utilizado es el sulfato de aluminio tipo “A”, concentración en alúmina (Al_2O_3), 17%; ocasionalmente, para niveles altos de turbiedad se emplea polímeros catiónicos como ayudantes de la coagulación.
- D. Floculación:** El proceso de floculación se desarrolla en una estructura hidráulica de flujo horizontal, dividida en tres zonas consecutivas con gradientes decrecientes y un canal, formado por pantallas corrugadas de asbesto – cemento, cuya sección que debe ser uniforme visiblemente no lo es, hecho que produce variaciones de velocidad del flujo de agua retardando el proceso de floculación, este defecto debe ser corregido para mejorar el proceso. Las dimensiones totales de esta estructura de concreto armado son de 5,50 x 14,95 m., y una profundidad variable de 1,65 a 1,69 m.
- E. Decantación:** El proceso de decantación se desarrolla en dos unidades convencionales de flujo horizontal de concreto armado, alimentados equitativamente con agua floculada mediante un canal de sección variable, 4 vertederos y 2 pantallas difusoras con orificios circulares ubicadas a la entrada de cada unidad, además están provistas de

canaletas para la recolección de agua clarificada. Cada una de estas unidades tienen una dimensión de 5,50 x 14,95 x 4,40 m., de profundidad.

- F. Filtración:** Este proceso se desarrolla en cuatro filtros rápidos de lecho doble, cuya estructura es de concreto armado, y cuyo proceso de lavado de cada filtro se ejecuta con agua de los tres restantes, sometiendo al filtro a lavarse con un flujo inverso de agua filtrada (flujo ascendente), que luego es eliminada.

Para poder ejecutar este proceso, cada batería de filtros está dotada de un vertedero general de salida de agua filtrada, cuya función es mantener una altura de agua tal que permita evacuar el agua de lavado a través del canal respectivo. Cada una de estas unidades, tienen una dimensión de 2,30 x 3,72 x 5,55 m., de profundidad.

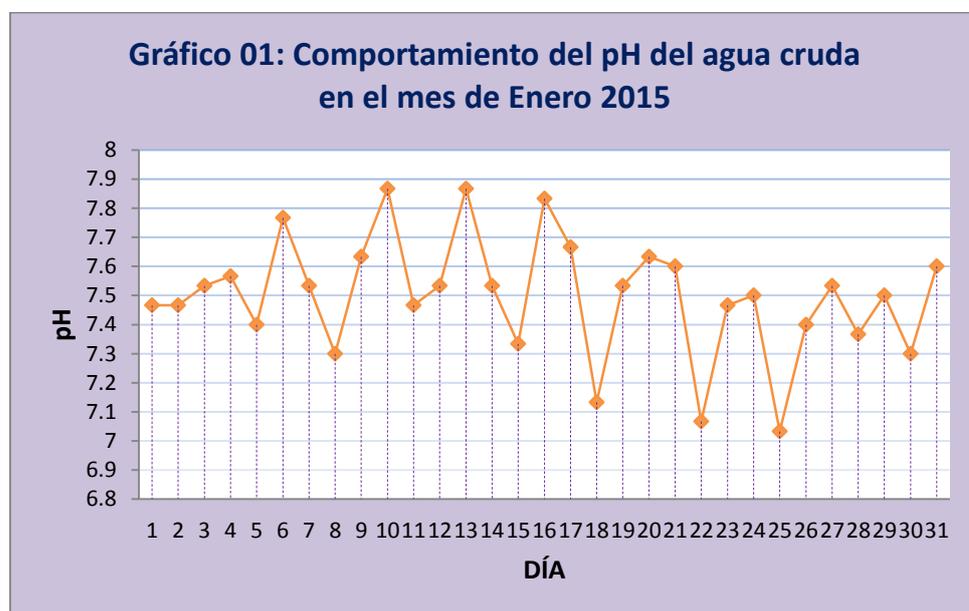
- G. Desinfección:** La eliminación de microorganismos patógenos no removidos en las etapas anteriores del proceso de tratamiento, se realiza mediante dos cloradores al vacío, con rotámetro e inyector marca Wallace & Thiernan. Un balón de 62 Lbs. de cloro - gas. Una balanza de plataforma de 500 kg. marca SORES. Dos electrobombas de ½ HP marca PENTAX y NOVAX con sistema de alternador.

- H. Almacenamiento:** El almacenamiento del agua tratada, antes de su distribución a la población de la ciudad de Moyobamba, se realiza en dos reservorios apoyados, los cuales se encuentran ubicados a 200 metros de la Planta de Tratamiento, cuyas capacidades son de 800 y 450 m³, ambos reservorios son de concreto armado; las tuberías de alimentación y descarga son de 8" y 10" para el primero y 6" y 8" para el segundo respectivamente.

3.1.2. Determinación del pH del agua cruda que ingresa a planta de tratamiento de agua potable, según mes de muestreo.

Tabla N° 02: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Enero 2015

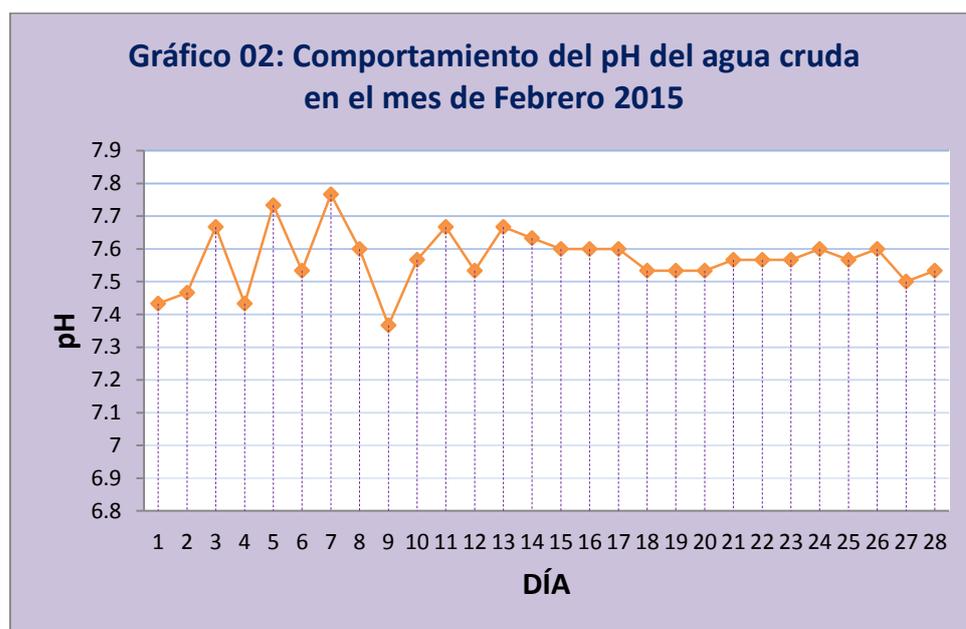
ENERO					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,47	13	7,87	25	7,03
2	7,47	14	7,53	26	7,40
3	7,53	15	7,33	27	7,53
4	7,57	16	7,83	28	7,37
5	7,40	17	7,67	29	7,50
6	7,77	18	7,13	30	7,30
7	7,53	19	7,53	31	7,60
8	7,30	20	7,63		
9	7,63	21	7,60		
10	7,87	22	7,07	Promedio	7,50
11	7,47	23	7,47	Máximo	7,87
12	7,53	24	7,50	Mínimo	7,03



De la tabla 02 y gráfico 01, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Enero el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.87 y un valor mínimo de 7.03, presentando un rango de variación de 0.84.

Tabla N° 03: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Febrero 2015

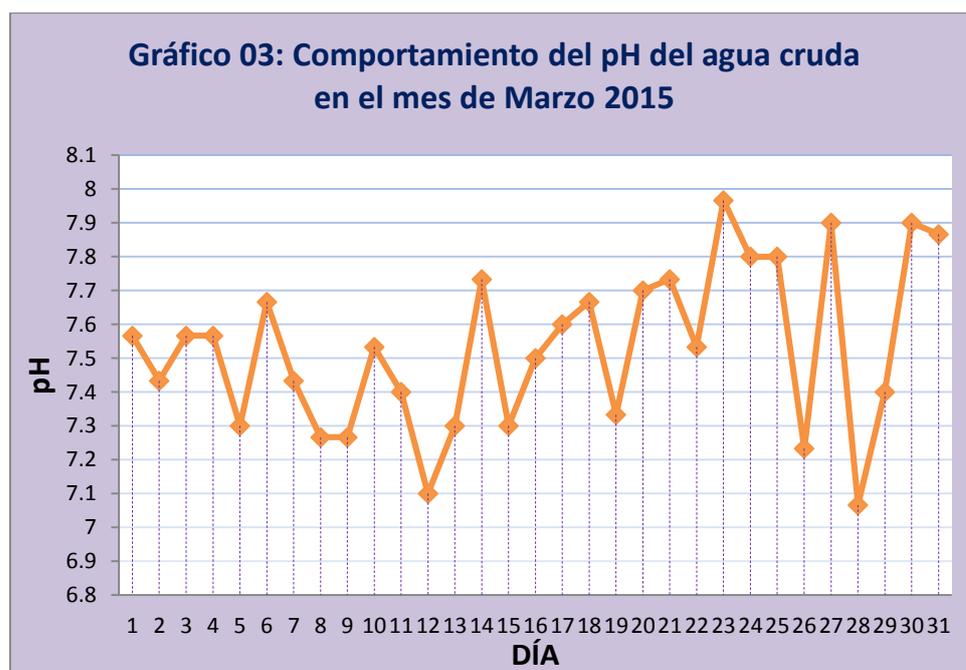
FEBRERO					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,43	12	7,53	23	7,57
2	7,47	13	7,67	24	7,60
3	7,67	14	7,63	25	7,57
4	7,43	15	7,60	26	7,60
5	7,73	16	7,60	27	7,50
6	7,53	17	7,60	28	7,53
7	7,77	18	7,53		
8	7,60	19	7,53		
9	7,37	20	7,53	Promedio	7,57
10	7,57	21	7,57	Máximo	7,77
11	7,67	22	7,57	Mínimo	7,37



De la tabla 03 y gráfico 02, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Febrero el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.77 y un valor mínimo de 7.37, presentando un rango de variación de 0.40.

Tabla N° 04: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Marzo 2015.

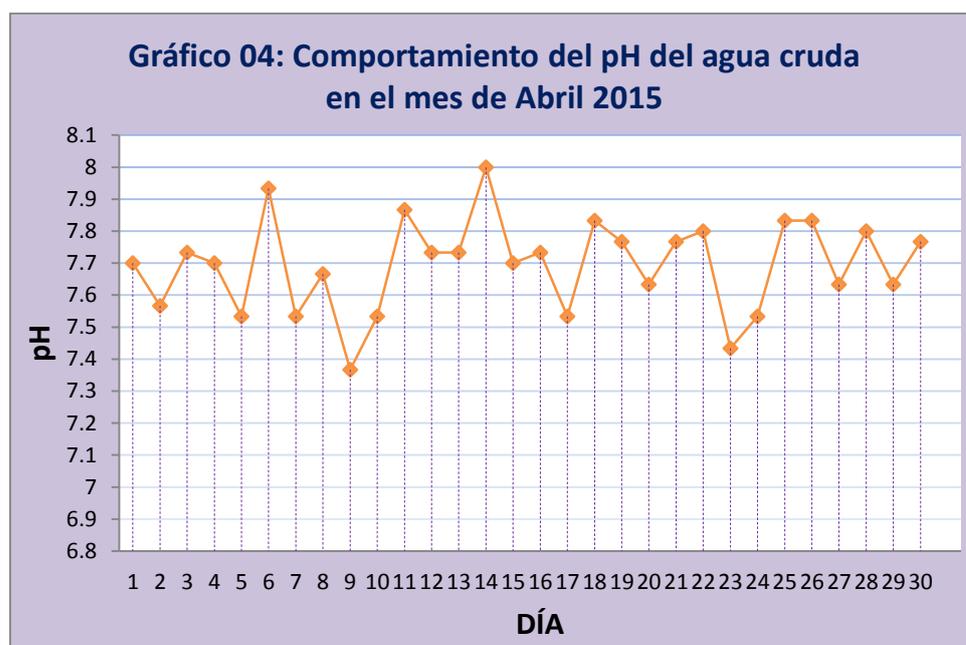
MARZO					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,57	13	7,30	25	7,80
2	7,43	14	7,73	26	7,23
3	7,57	15	7,30	27	7,90
4	7,57	16	7,50	28	7,07
5	7,30	17	7,60	29	7,40
6	7,67	18	7,67	30	7,90
7	7,43	19	7,33	31	7,87
8	7,27	20	7,70		
9	7,27	21	7,73		
10	7,53	22	7,53	Promedio	7,53
11	7,40	23	7,97	Máximo	7,97
12	7,10	24	7,80	Mínimo	7,07



De la tabla 04 y gráfico 03, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Marzo el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.97 y un valor mínimo de 7.07, presentando un rango de variación de 0.90.

Tabla N° 05: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Abril 2015

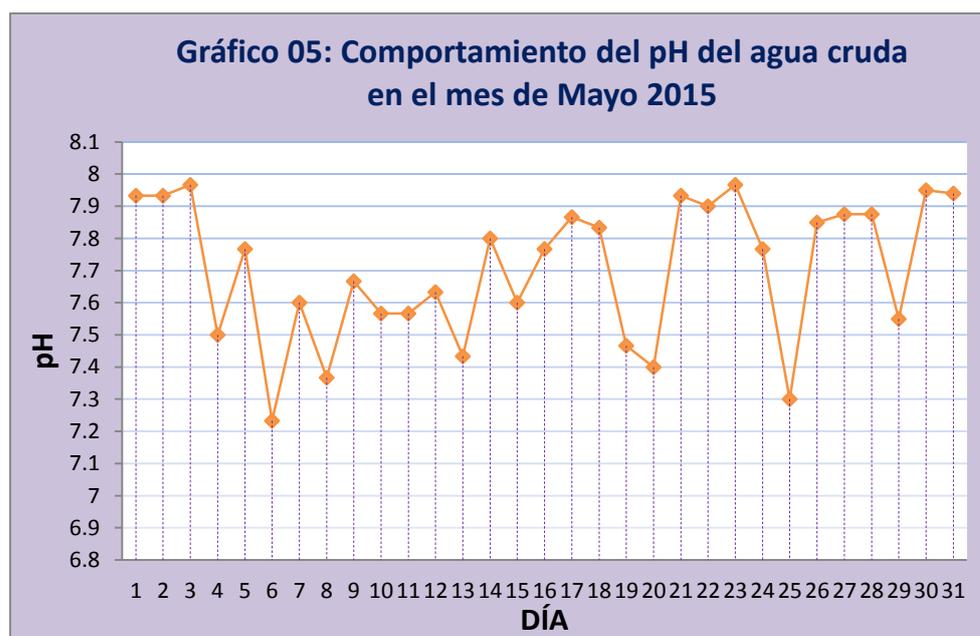
ABRIL					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,70	12	7,73	23	7,43
2	7,57	13	7,73	24	7,53
3	7,73	14	8,00	25	7,83
4	7,70	15	7,70	26	7,83
5	7,53	16	7,73	27	7,63
6	7,93	17	7,53	28	7,80
7	7,53	18	7,83	29	7,63
8	7,67	19	7,77	30	7,77
9	7,37	20	7,63	Promedio	7,69
10	7,53	21	7,77	Máximo	8,00
11	7,87	22	7,80	Mínimo	7,37



De la tabla 05 y gráfico 04, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Abril el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 8.00 y un valor mínimo de 7.69, presentando un rango de variación de 0.31.

Tabla N° 06: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Mayo 2015

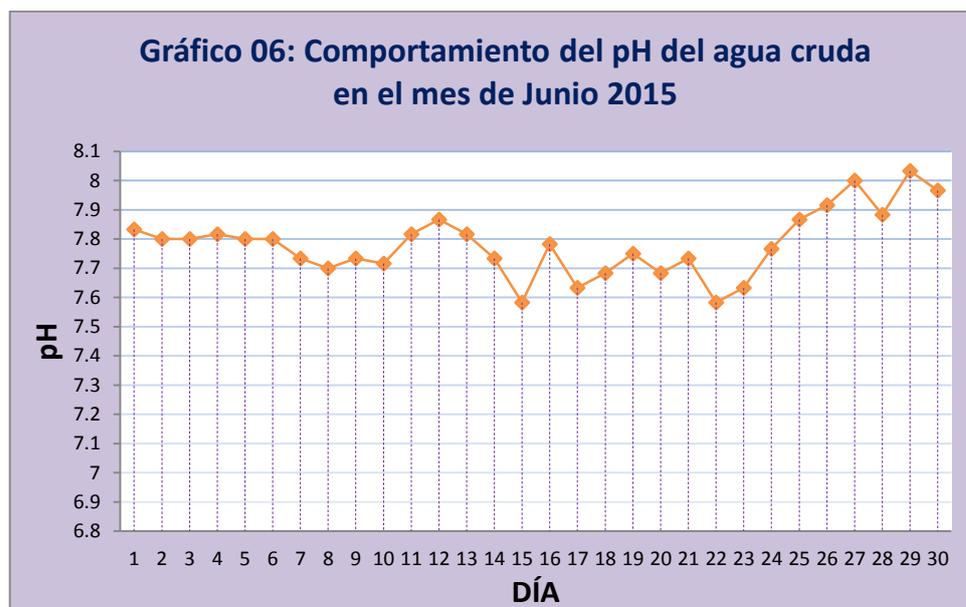
MAYO					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,93	13	7,43	25	7,30
2	7,93	14	7,80	26	7,85
3	7,97	15	7,60	27	7,88
4	7,50	16	7,77	28	7,88
5	7,77	17	7,87	29	7,55
6	7,23	18	7,83	30	7,95
7	7,60	19	7,47	31	7,94
8	7,37	20	7,40		
9	7,67	21	7,93		
10	7,57	22	7,90	Promedio	7,70
11	7,57	23	7,97	Máximo	7,97
12	7,63	24	7,77	Mínimo	7,23



De la tabla 06 y gráfico 05, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Mayo el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.97 y un valor mínimo de 7.23, presentando un rango de variación de 0.74.

Tabla N° 07: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Junio 2015

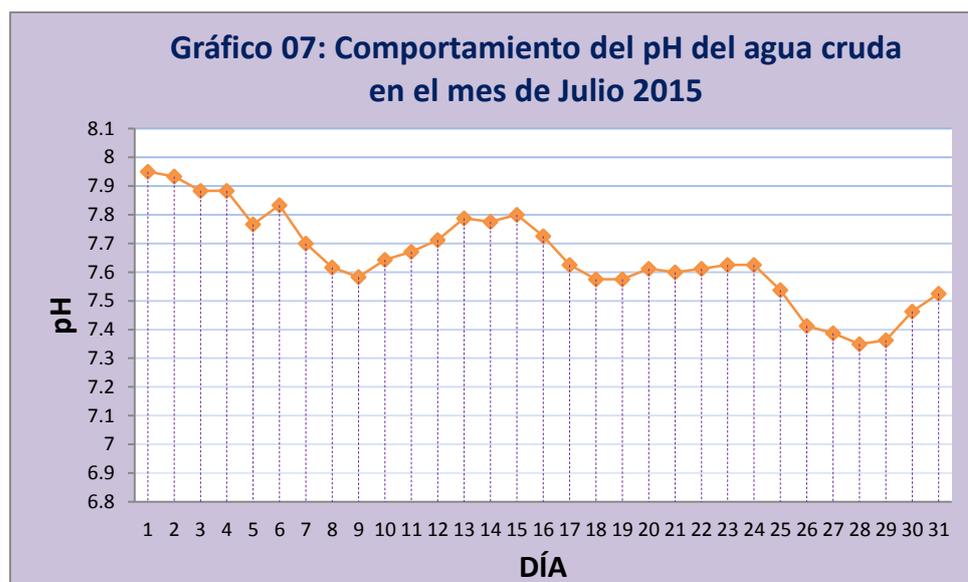
JUNIO					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,83	12	7,87	23	7,63
2	7,80	13	7,82	24	7,77
3	7,80	14	7,73	25	7,87
4	7,82	15	7,58	26	7,92
5	7,80	16	7,78	27	8,00
6	7,80	17	7,63	28	7,88
7	7,73	18	7,68	29	8,03
8	7,70	19	7,75		
9	7,73	20	7,68	Promedio	7,78
10	7,72	21	7,73	Máximo	8,03
11	7,82	22	7,58	Mínimo	7,58



De la tabla 07 y gráfico 06, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Junio el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 8.03 y un valor mínimo de 7.58, presentando un rango de variación de 0.45.

Tabla N° 08: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Julio 2015

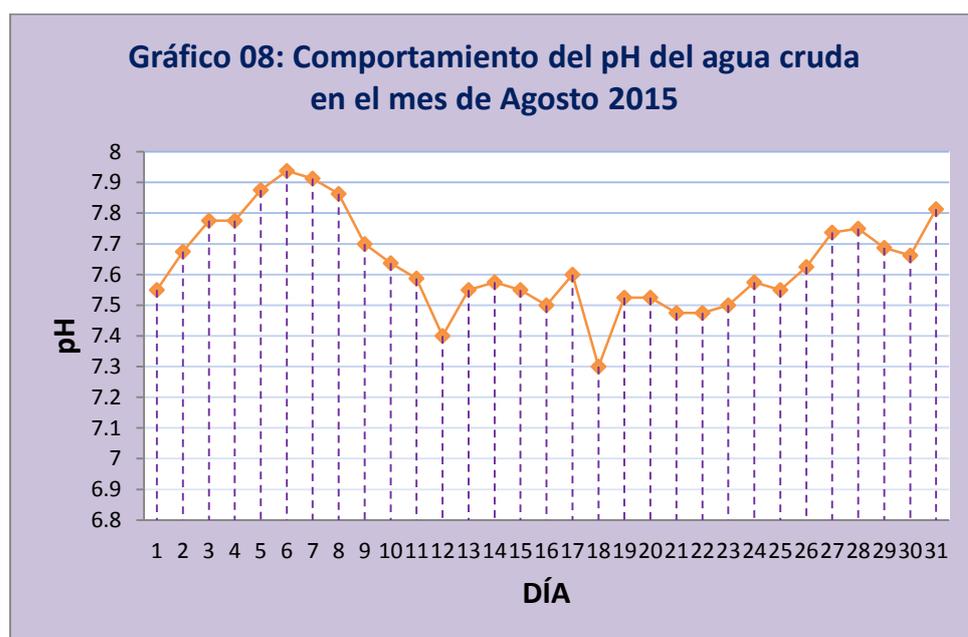
JULIO					
DÍA	pH	DÍA	pH		
				25	7,54
1	7,95	13	7,79	26	7,41
2	7,93	14	7,78	27	7,39
3	7,88	15	7,80	28	7,35
4	7,88	16	7,73	29	7,36
5	7,77	17	7,63	30	7,46
6	7,83	18	7,58	31	7,53
7	7,70	19	7,58	25	7,54
8	7,62	20	7,61		
9	7,58	21	7,60		
10	7,64	22	7,61	Promedio	7,65
11	7,67	23	7,63	Máximo	7,95
12	7,71	24	7,63	Mínimo	7,35



De la tabla 08 y gráfico 07, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Julio el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.95 y un valor mínimo de 7.35, presentando un rango de variación de 0.60.

Tabla N° 09: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Agosto 2015

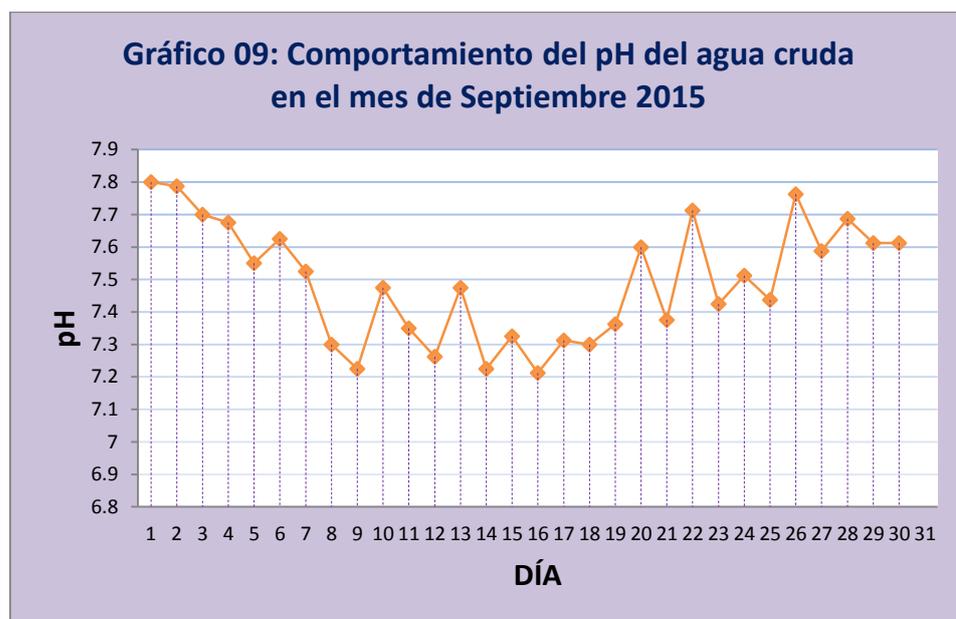
AGOSTO					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,55	13	7,55	25	7,55
2	7,68	14	7,58	26	7,63
3	7,78	15	7,55	27	7,74
4	7,78	16	7,50	28	7,75
5	7,88	17	7,60	29	7,69
6	7,94	18	7,30	30	7,66
7	7,91	19	7,53	31	7,81
8	7,86	20	7,53		
9	7,70	21	7,48		
10	7,64	22	7,48	Promedio	7,63
11	7,59	23	7,50	Máximo	7,94
12	7,40	24	7,58	Mínimo	7,30



De la tabla 09 y gráfico 08, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Agosto el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.94 y un valor mínimo de 7.30, presentando un rango de variación de 0.64.

Tabla N° 10: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Septiembre 2015

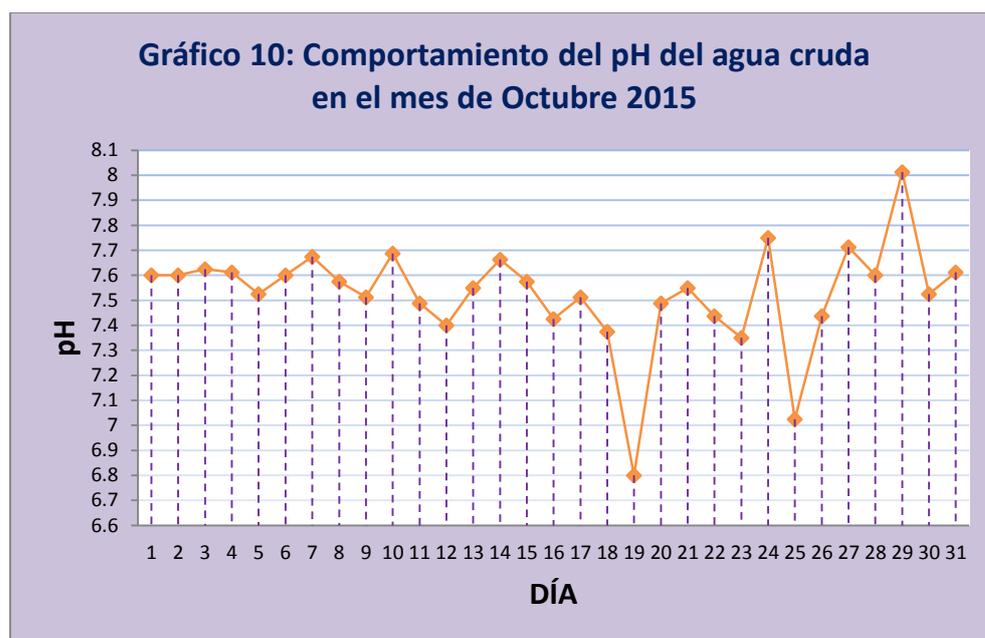
SEPTIEMBRE					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,80	12	7,26	23	7,43
2	7,79	13	7,48	24	7,51
3	7,70	14	7,23	25	7,44
4	7,68	15	7,33	26	7,76
5	7,55	16	7,21	27	7,59
6	7,63	17	7,31	28	7,69
7	7,53	18	7,30	29	7,61
8	7,30	19	7,36		
9	7,23	20	7,60	Promedio	7,49
10	7,48	21	7,38	Máximo	7,80
11	7,35	22	7,71	Mínimo	7,21



De la tabla 10 y gráfico 09, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Septiembre el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.80 y un valor mínimo de 7.21, presentando un rango de variación de 0.59.

Tabla N° 11: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Octubre 2015

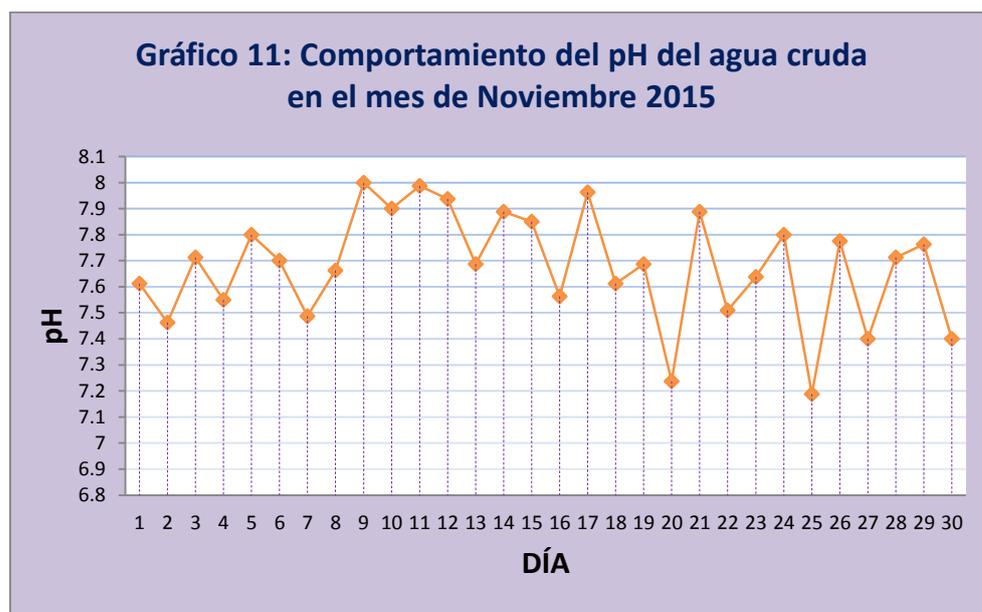
OCTUBRE					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,60	13	7,55	25	7,03
2	7,60	14	7,66	26	7,44
3	7,63	15	7,58	27	7,71
4	7,61	16	7,43	28	7,60
5	7,53	17	7,51	29	8,01
6	7,60	18	7,38	30	7,53
7	7,68	19	6,80	31	7,61
8	7,58	20	7,49		
9	7,51	21	7,55		
10	7,69	22	7,44	Promedio	7,53
11	7,49	23	7,35	Máximo	8,01
12	7,40	24	7,75	Mínimo	6,80



De la tabla 11 y gráfico 10, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Octubre el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 8.01 y un valor mínimo de 6.80, presentando un rango de variación de 1.21.

Tabla N° 12: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Noviembre 2015

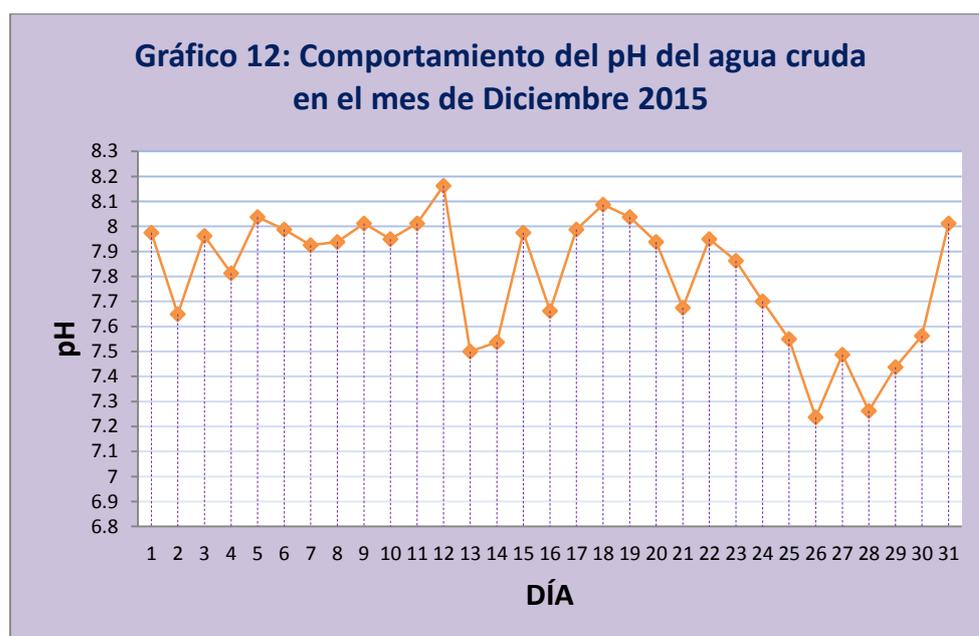
NOVIEMBRE					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,61	12	7,94	25	7,19
2	7,46	13	7,69	26	7,78
3	7,71	14	7,89	27	7,40
4	7,55	15	7,85	28	7,71
5	7,80	16	7,56	29	7,76
6	7,70	17	7,96	30	7,40
7	7,49	18	7,61	25	7,19
8	7,66	19	7,69		
9	8,00	20	7,24	Promedio	7,50
10	7,90	21	7,89	Máximo	7,87
11	7,99	22	7,51	Mínimo	7,03



De la tabla 12 y gráfico 11, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Noviembre el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.87 y un valor mínimo de 7.03, presentando un rango de variación de 0.84.

Tabla N° 13: Comportamiento del pH del agua cruda en el mes de Diciembre 2015

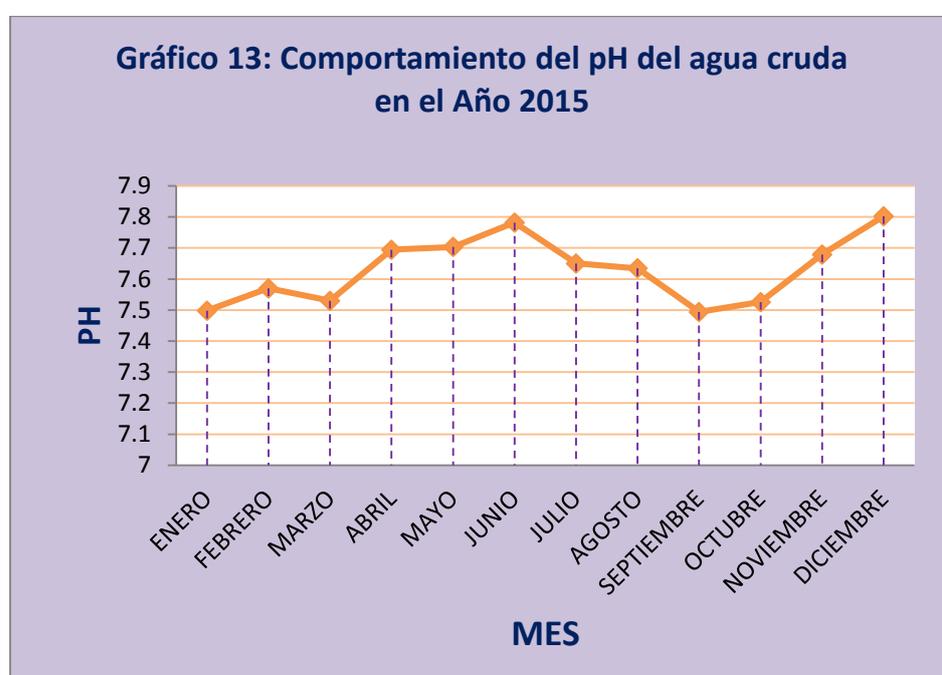
DICIEMBRE					
DÍA	pH	DÍA	pH	DÍA	pH
1	7,98	13	7,50	25	7,55
2	7,65	14	7,54	26	7,24
3	7,96	15	7,98	27	7,49
4	7,81	16	7,66	28	7,26
5	8,04	17	7,99	29	7,44
6	7,99	18	8,09	30	7,56
7	7,93	19	8,04	31	8,01
8	7,94	20	7,94		
9	8,01	21	7,68		
10	7,95	22	7,95	Promedio	7,80
11	8,01	23	7,86	Máximo	8,16
12	8,16	24	7,70	Mínimo	7,24



De la tabla 13 y gráfico 12, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Diciembre el comportamiento del pH presenta un valor máximo de 7.87 y un valor mínimo de 7.03, presentando un rango de variación de 0.84.

Tabla N° 14: Comportamiento del pH del agua cruda en el Año 2015

MES	pH (promedio)
Enero	7,50
Febrero	7,57
Marzo	7,53
Abril	7,69
Mayo	7,70
Junio	7,78
Julio	7,65
Agosto	7,63
Septiembre	7,49
Octubre	7,53
Noviembre	7,68
Diciembre	7,80

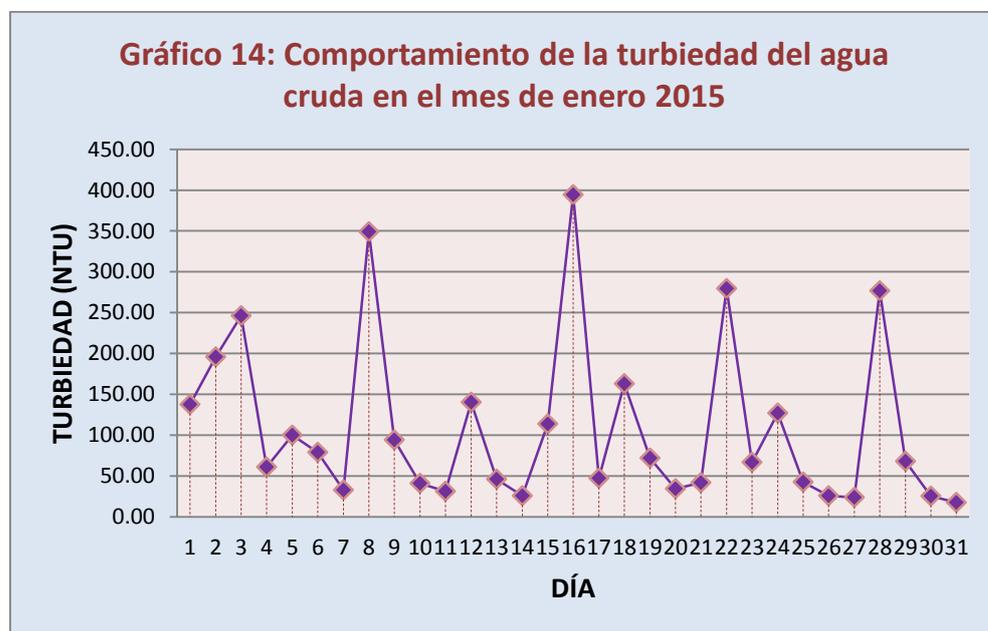


De la tabla N° 14 y gráfico N° 13 se observa que en el mes de diciembre el valor de pH alcanza el mayor valor promedio mientras que en el mes de Septiembre se presenta el menor valor, presentando una variación de 0.31 unidades.

3.1.3. Determinación de la turbiedad del agua cruda que ingresa a planta de tratamiento de agua potable según mes de muestreo.

Tabla N° 15: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Enero 2015.

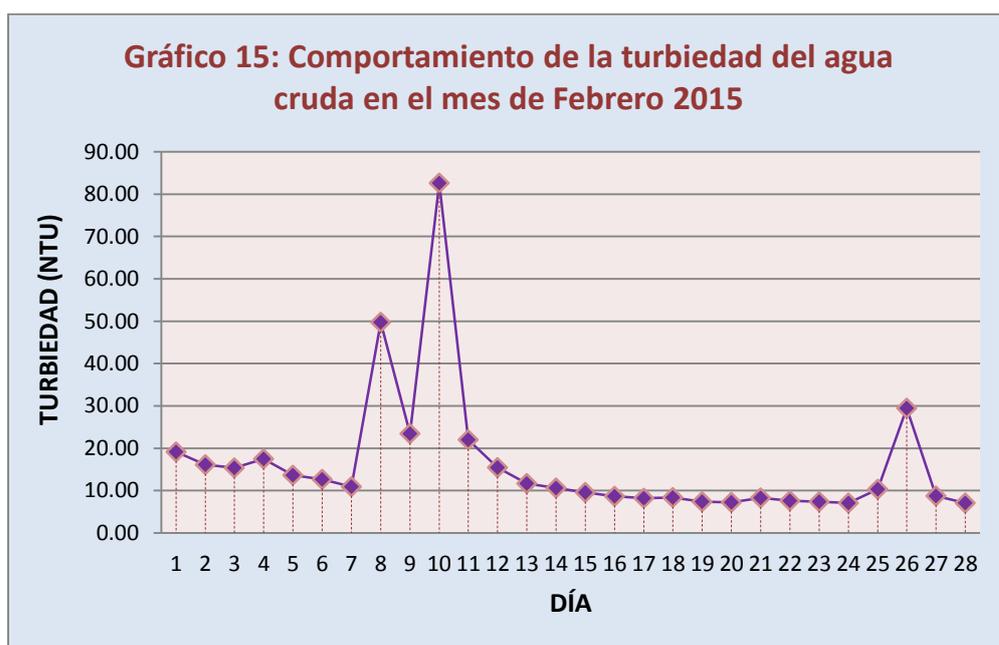
ENERO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	137,43	13	45,85	25	42,62
2	195,72	14	25,63	26	25,83
3	246,18	15	113,67	27	23,82
4	60,77	16	394,28	28	276,83
5	99,80	17	47,08	29	67,77
6	78,95	18	162,90	30	25,37
7	32,57	19	71,99	31	17,51
8	349,07	20	34,43		
9	94,10	21	41,83		
10	40,97	22	279,33	Promedio	109,60
11	31,27	23	66,77	Máximo	394,28
12	140,44	24	126,95	Mínimo	17,51



De la tabla 15 y gráfico 14, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Enero el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 394.28 NTU y un valor mínimo de 17.51 NTU, presentando un rango de variación de 376.77 NTU.

Tabla N° 16: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Febrero 2015.

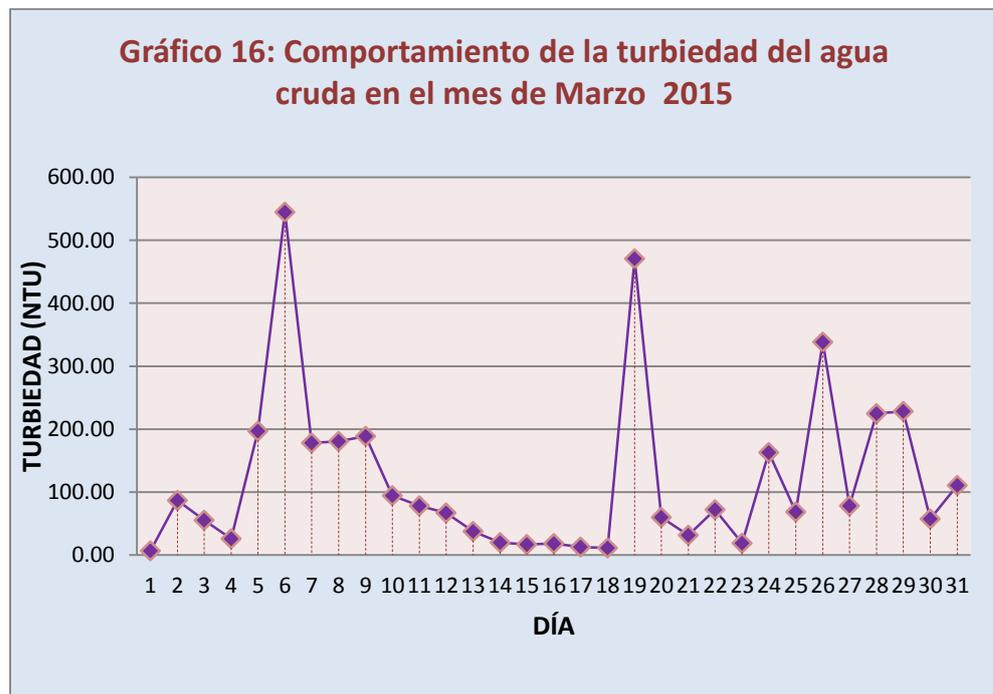
FEBRERO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	19,16	12	15,42	23	7,36
2	16,13	13	11,68	24	7,09
3	15,34	14	10,64	25	10,30
4	17,47	15	9,57	26	29,46
5	13,61	16	8,68	27	8,75
6	12,62	17	8,24	28	7,09
7	10,95	18	8,38		
8	49,73	19	7,38		
9	23,43	20	7,22	Promedio	16,29
10	82,61	21	8,30	Máximo	82,61
11	22,03	22	7,62	Mínimo	7,09



De la tabla 16 y gráfico 15, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Febrero el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 82.61 NTU y un valor mínimo de 7.09 NTU, presentando un rango de variación de 75.52 NTU.

Tabla N° 17: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Marzo 2015.

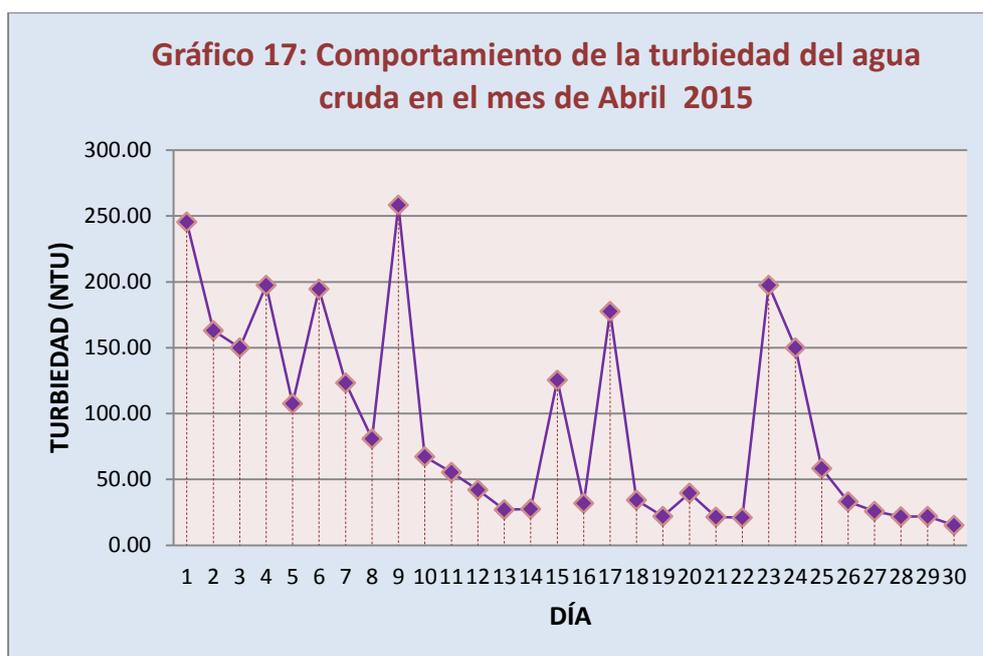
MARZO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	6,69	13	37,44	25	68,74
2	86,70	14	19,66	26	338,45
3	55,32	15	16,64	27	77,89
4	25,98	16	18,09	28	224,89
5	196,76	17	12,78	29	228,46
6	544,68	18	11,01	30	57,29
7	178,28	19	470,50	31	110,71
8	180,58	20	59,72		
9	188,54	21	31,37		
10	94,34	22	72,18	Promedio	120,66
11	78,07	23	18,98	Máximo	544,68
12	66,78	24	162,86	Mínimo	6,69



De la tabla 17 y gráfico 16, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Marzo el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 544.68 NTU y un valor mínimo de 6.69 NTU, presentando un rango de variación de 537.99 NTU.

Tabla N° 18: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Abril 2015.

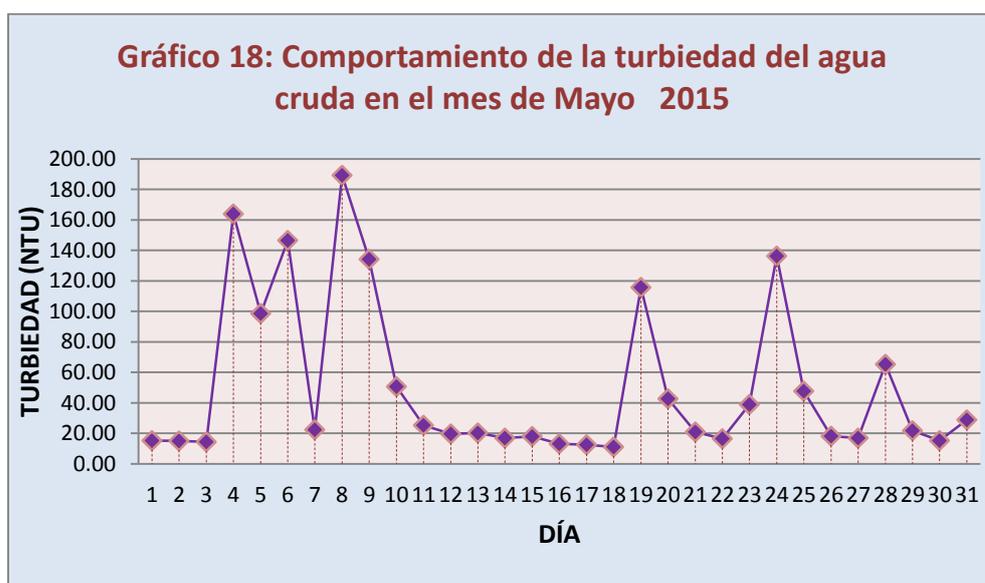
ABRIL					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	245,41	12	42,20	23	197,53
2	163,17	13	27,08	24	149,94
3	150,03	14	27,61	25	58,41
4	197,55	15	125,54	26	33,05
5	107,60	16	31,91	27	25,95
6	194,50	17	177,53	28	21,63
7	123,25	18	34,21	29	22,04
8	80,98	19	21,96	30	15,12
9	258,35	20	39,72	Promedio	91,25
10	67,18	21	21,50	Máximo	258,35
11	55,50	22	21,00	Mínimo	15,12



De la tabla 18 y gráfico 17, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Abril el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 258.35 NTU y un valor mínimo de 15.12 NTU, presentando un rango de variación de 243.23 NTU.

Tabla N° 19: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Mayo 2015.

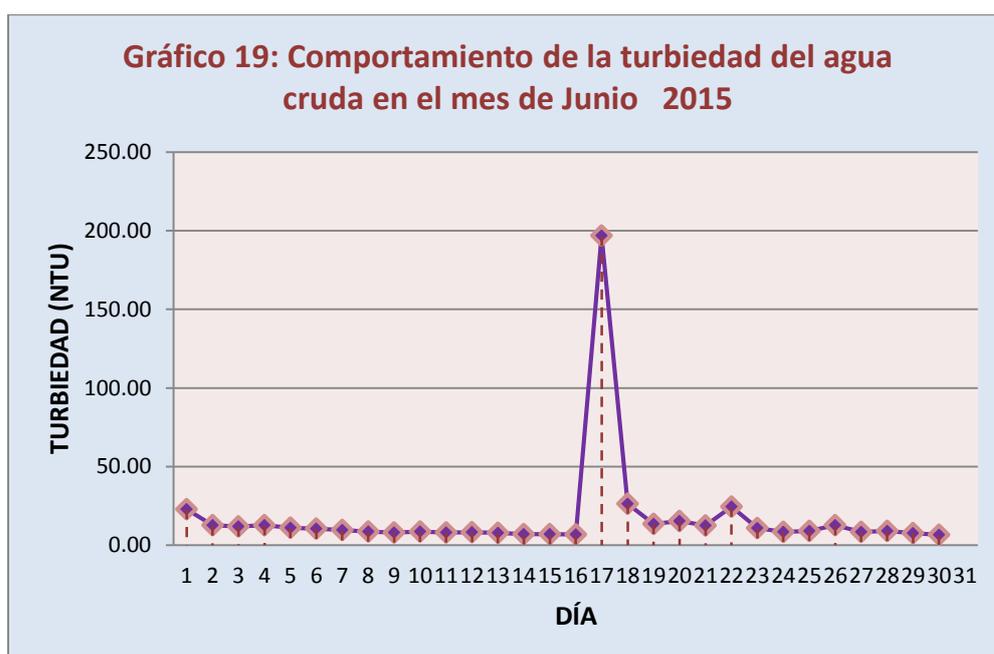
MAYO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	15,30	13	20,34	25	47,72
2	15,02	14	16,90	26	18,06
3	14,40	15	17,88	27	16,81
4	164,01	16	13,14	28	65,37
5	98,66	17	12,45	29	21,81
6	146,51	18	10,94	30	15,12
7	22,43	19	115,69	31	28,75
8	189,36	20	42,60		
9	134,27	21	20,88		
10	50,71	22	16,56	Promedio	50,70
11	25,20	23	38,91	Máximo	189,36
12	19,52	24	136,30	Mínimo	10,94



De la tabla 19 y gráfico 18, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Mayo el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 189.36 NTU y un valor mínimo de 10.94 NTU, presentando un rango de variación de 179.02 NTU.

Tabla N° 20: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Junio 2015.

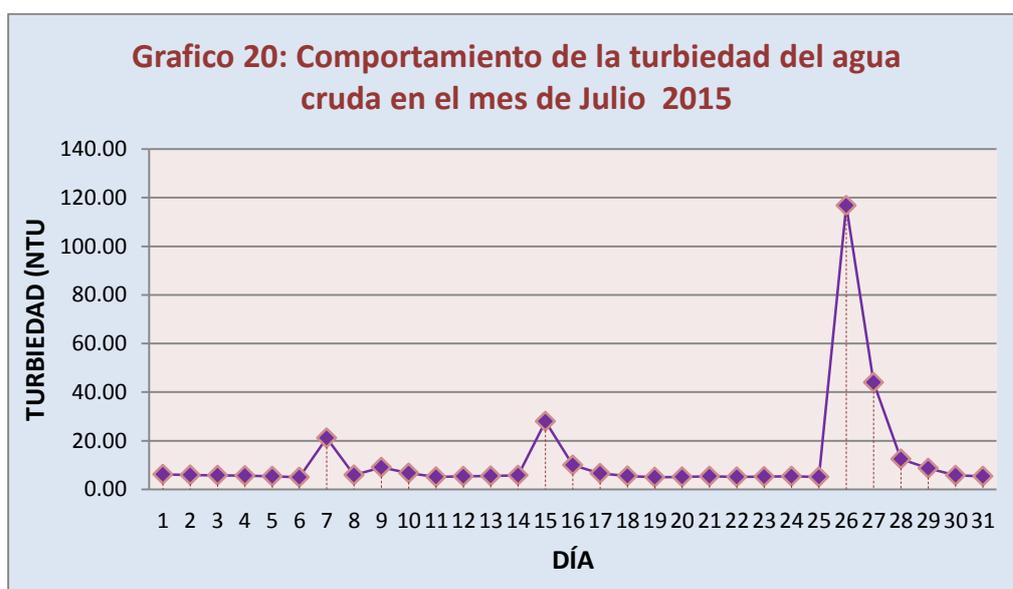
JUNIO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	22,89	12	8,30	23	10,85
2	12,59	13	7,77	24	8,47
3	11,97	14	6,97	25	9,08
4	12,73	15	6,98	26	12,70
5	11,00	16	6,87	27	8,48
6	10,50	17	196,78	28	9,10
7	9,54	18	26,30	29	7,63
8	8,66	19	13,50	30	6,65
9	8,02	20	15,33	Promedio	17,44
10	8,60	21	12,52	Máximo	196,78
11	8,03	22	24,52	Mínimo	6,65



De la tabla 20 y gráfico 19, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Junio el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 196.78 NTU y un valor mínimo de 6.65 NTU, presentando un rango de variación de 190.13 NTU.

Tabla N° 21: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Julio 2015.

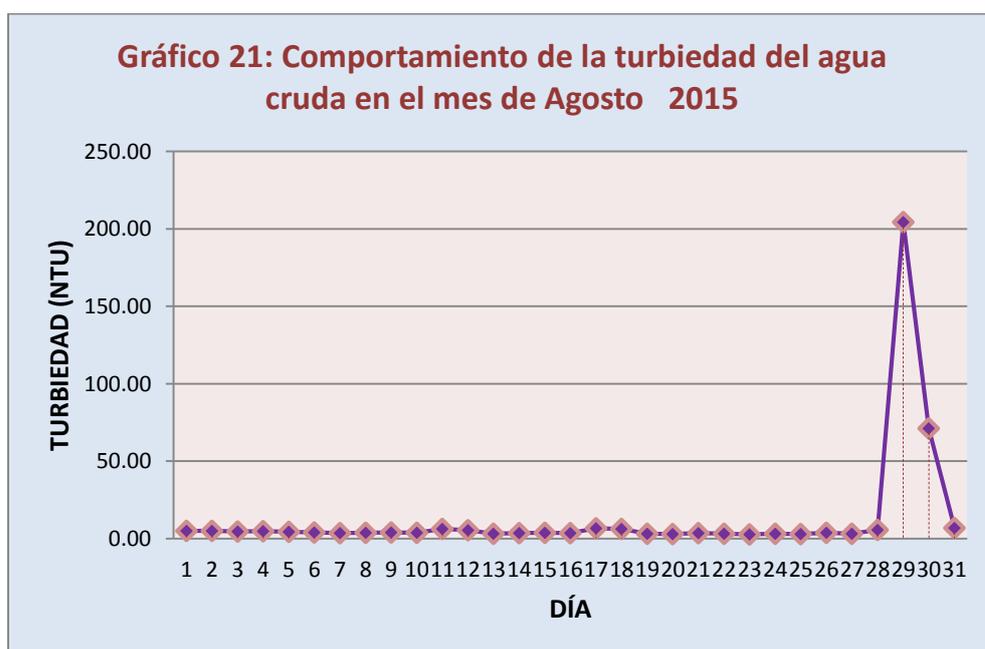
JULIO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	6,15	13	5,53	25	5,09
2	5,83	14	5,71	26	116,80
3	5,72	15	27,93	27	43,96
4	5,65	16	9,90	28	12,51
5	5,38	17	6,56	29	8,71
6	4,92	18	5,51	30	5,70
7	21,18	19	5,01	31	5,34
8	5,88	20	5,10		
9	9,03	21	5,30		
10	6,61	22	5,06	Promedio	12,17
11	5,06	23	5,26	Máximo	116,80
12	5,36	24	5,41	Mínimo	4,92



De la tabla 21 y gráfico 20, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Julio el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 116.80 NTU y un valor mínimo de 4.92 NTU, presentando un rango de variación de 111.88 NTU.

Tabla N° 22: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Agosto 2015.

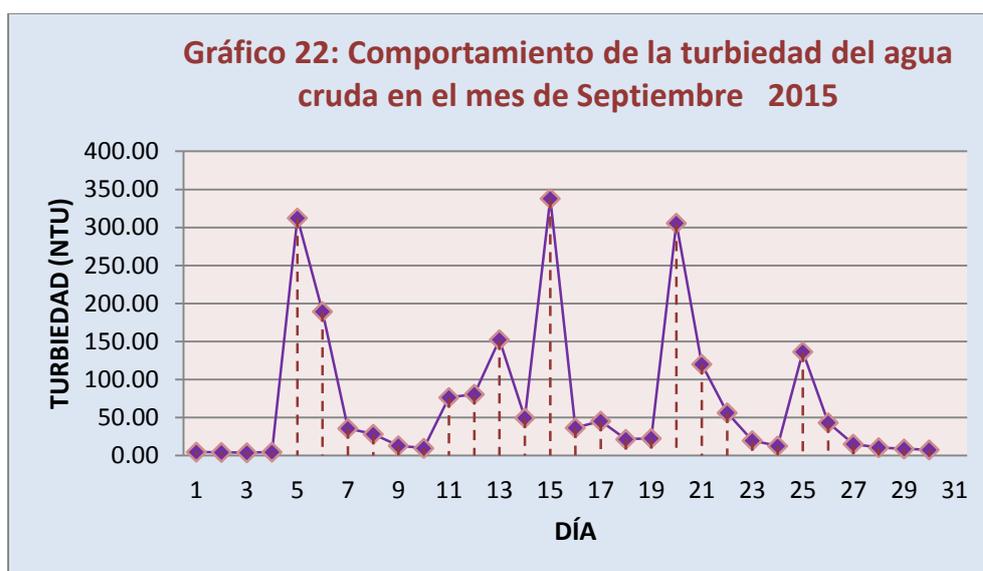
AGOSTO					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	5,11	13	3,13	25	2,96
2	4,94	14	3,64	26	3,80
3	4,64	15	3,86	27	3,12
4	4,75	16	3,68	28	5,60
5	4,35	17	6,74	29	204,35
6	4,04	18	6,31	30	71,28
7	3,60	19	3,21	31	6,95
8	3,84	20	3,03		
9	3,98	21	3,65		
10	3,71	22	3,19	Promedio	12,87
11	6,16	23	2,81	Máximo	204,35
12	5,48	24	3,09	Mínimo	2,81



De la tabla 22 y gráfico 21, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Agosto el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 204.35 NTU y un valor mínimo de 2.81 NTU, presentando un rango de variación de 201.54 NTU.

Tabla N° 23: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Septiembre 2015

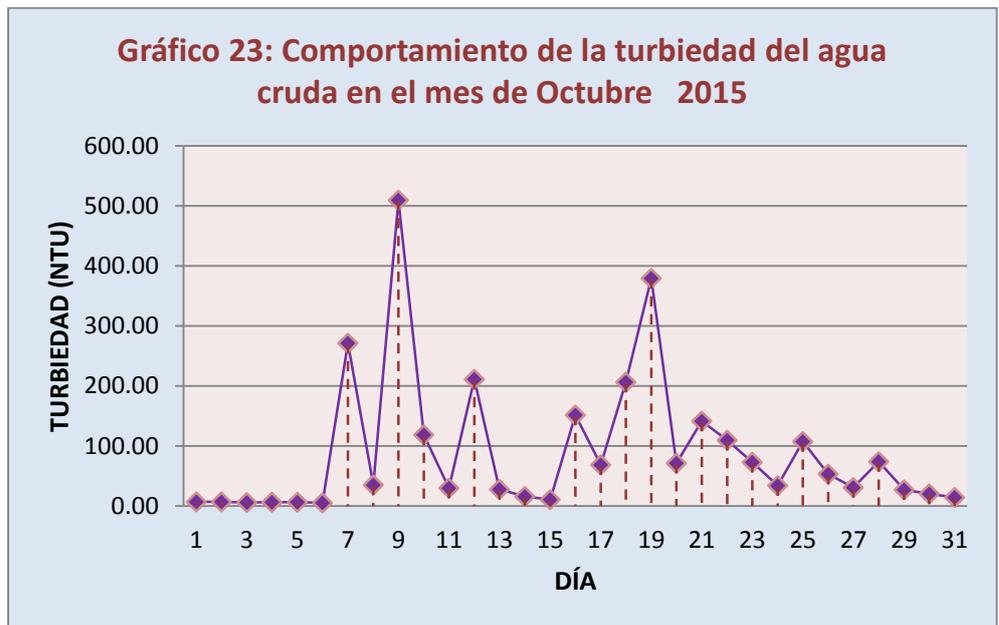
SEPTIEMBRE					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	4,68	12	80,75	23	19,54
2	3,96	13	152,33	24	12,39
3	3,73	14	49,39	25	136,46
4	4,59	15	338,04	26	43,13
5	312,28	16	36,69	27	15,04
6	189,39	17	45,23	28	10,48
7	35,51	18	21,56	29	8,71
8	28,00	19	22,63	30	7,30
9	12,90	20	305,51	Promedio	72,07
10	9,43	21	120,11	Máximo	338,04
11	76,31	22	56,10	Mínimo	3,73



De la tabla 23 y gráfico 22, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Septiembre el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 338.04 NTU y un valor mínimo de 3.73 NTU, presentando un rango de variación de 334.71 NTU.

Tabla N° 24: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Octubre 2015.

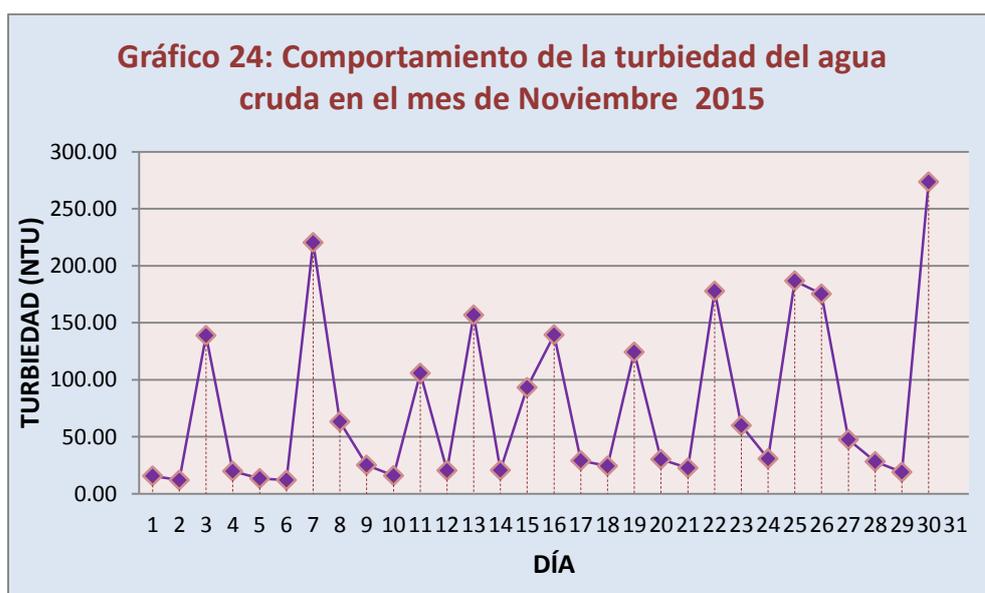
OCTUBRE					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	6,70	13	27,44	25	107,46
2	6,64	14	15,58	26	52,79
3	5,80	15	10,26	27	30,89
4	6,01	16	151,66	28	73,96
5	5,93	17	68,36	29	26,70
6	4,90	18	206,48	30	20,05
7	271,34	19	379,18	31	14,06
8	34,84	20	71,13		
9	509,54	21	141,29		
10	118,65	22	109,28	Promedio	91,11
11	29,73	23	72,84	Máximo	509,54
12	211,08	24	33,80	Mínimo	4,90



De la tabla 24 y gráfico 23, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Octubre el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 509.54 NTU y un valor mínimo de 4.90 NTU, presentando un rango de variación de 504.64 NTU.

Tabla N° 25: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Noviembre 2015

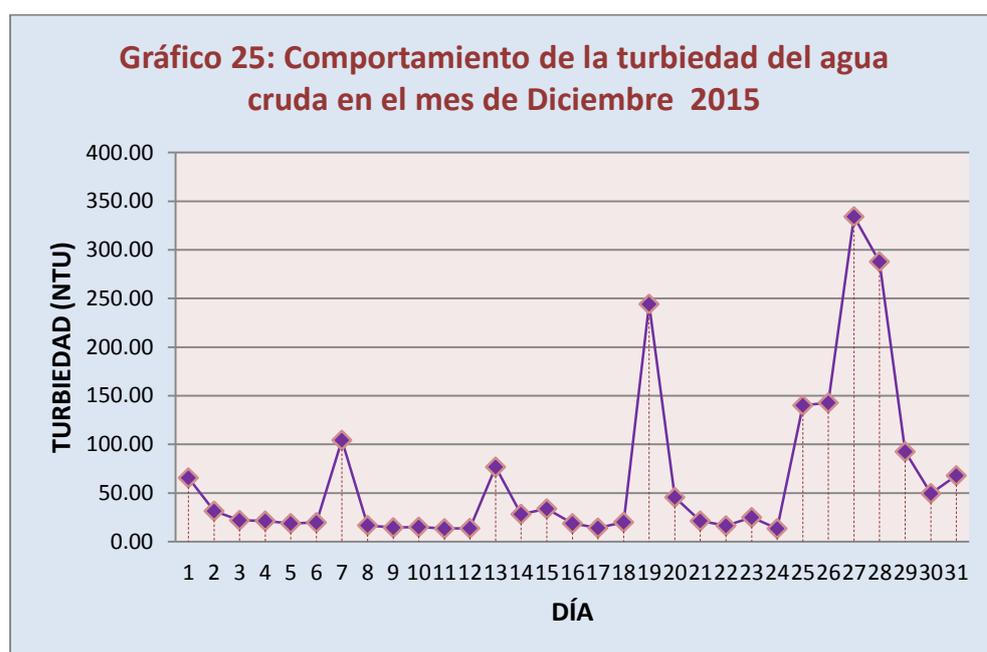
NOVIEMBRE					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	15,58	12	20,33	23	59,98
2	12,10	13	156,89	24	30,69
3	138,83	14	20,70	25	186,84
4	19,85	15	93,30	26	175,30
5	13,50	16	139,35	27	47,70
6	12,09	17	29,01	28	28,36
7	220,45	18	24,49	29	19,06
8	63,38	19	124,25	30	273,43
9	25,29	20	30,24	Promedio	76,77
10	15,90	21	22,65	Máximo	273,43
11	105,94	22	177,75	Mínimo	12,09



De la tabla 25 y gráfico 24, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Noviembre el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 273.43 NTU y un valor mínimo de 12.09 NTU, presentando un rango de variación de 261.34 NTU.

Tabla N° 26: Comportamiento de la turbiedad del agua cruda en el mes de Diciembre 2015.

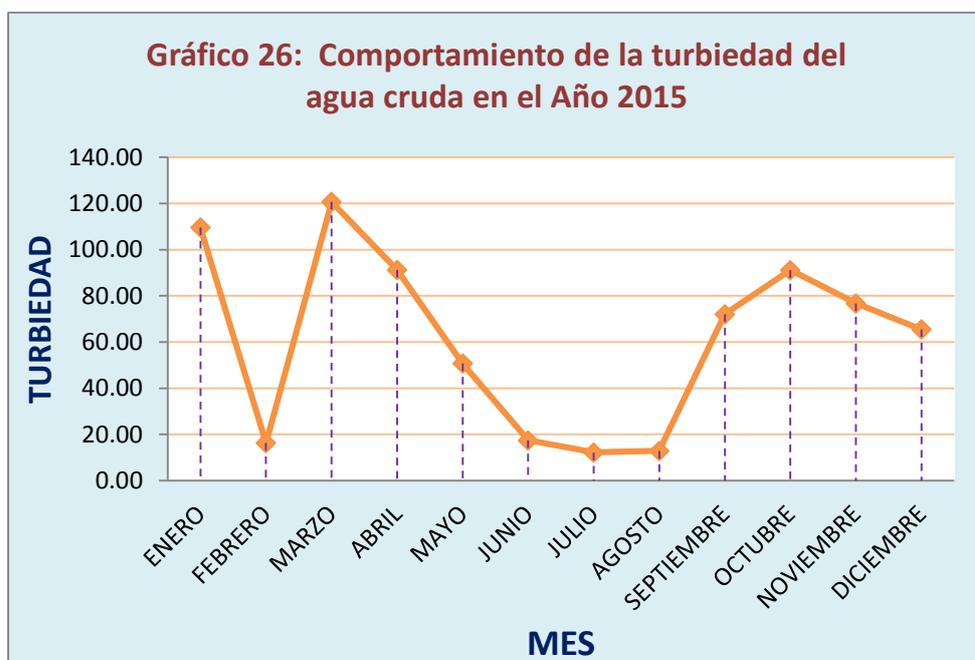
DICIEMBRE					
DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)	DÍA	TURBIEDAD (UNT)
1	65,65	13	76,79	25	140,19
2	31,58	14	28,24	26	142,76
3	22,01	15	33,91	27	334,23
4	21,38	16	18,70	28	287,93
5	18,83	17	14,18	29	92,46
6	19,79	18	19,93	30	49,61
7	104,24	19	244,08	31	67,88
8	16,74	20	45,71		
9	14,28	21	21,43		
10	15,13	22	16,28	Promedio	65,47
11	13,43	23	24,95	Máximo	334,23
12	13,73	24	13,53	Mínimo	13,43



De la tabla 26 y gráfico 25, se observa que durante el periodo de muestreo en el mes de Diciembre el comportamiento de la turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento presenta un valor máximo de 334.23 NTU y un valor mínimo de 13.43 NTU, presentando un rango de variación de 320.80 NTU.

Tabla N° 27: Comportamiento la Turbiedad del agua cruda en el Año 2015

MES	Turbiedad (promedio)
Enero	109,60
Febrero	16,29
Marzo	120,66
Abril	91,25
Mayo	50,70
Junio	17,44
Julio	12,17
Agosto	12,87
Septiembre	72,07
Octubre	91,11
Noviembre	76,77
Diciembre	65,47



De la tabla N° 27 y gráfico N° 26 se observa que en l turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento alcanza su mayor valor promedio (120.66 NTU) en el mes de Marzo, y su mínimo valor promedio (12.17 NTU) en el mes de Julio.

3.1.4. Determinación de la turbiedad del agua después del proceso de coagulación- Floculación (Agua decantada), y del porcentaje de remoción:

Tabla N° 28: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de enero 2015.

ENERO				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,47	137,43	11,06	91,95%
2	7,47	195,72	15,01	92,33%
3	7,53	246,18	14,10	94,27%
4	7,57	60,77	13,55	77,70%
5	7,40	99,8	12,46	87,52%
6	7,77	78,95	12,00	84,80%
7	7,53	32,57	9,49	70,86%
8	7,30	349,07	12,70	96,36%
9	7,63	94,1	13,49	85,66%
10	7,87	40,97	12,54	69,39%
11	7,47	31,27	10,89	65,17%
12	7,53	140,44	12,60	91,03%
13	7,87	45,85	9,89	78,43%
14	7,53	25,63	12,44	51,46%
15	7,33	113,67	12,33	89,15%
16	7,83	394,28	15,08	96,18%
17	7,67	47,08	13,50	71,33%
18	7,13	162,9	13,73	91,57%
19	7,53	71,99	14,99	79,18%
20	7,63	34,43	11,70	66,02%
21	7,60	41,83	10,91	73,92%
22	7,07	279,33	12,48	95,53%
23	7,47	66,77	15,62	76,61%
24	7,50	126,95	13,43	89,42%
25	7,03	42,62	15,40	63,87%
26	7,40	25,83	12,06	53,31%
27	7,53	23,82	10,94	54,07%
28	7,37	276,83	13,97	94,95%
29	7,50	67,77	11,45	83,10%
30	7,30	25,37	10,60	58,22%
31	7,60	17,51	8,86	49,40%
PROM=	7,50	109,60	12,56	78,15%
MAX=	7,87	394,28	15,62	96,36%
MIN=	7,03	17,51	8,86	49,40%

De la tabla 28 se observa que en el mes de enero el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 96. 36% y mínimo de 49.40%, que corresponde a un pH de 7.30 y 7.60 respectivamente.

Tabla N° 29: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Febrero 2015.

FEBRERO				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,43	19,16	9,79	48,92%
2	7,47	16,13	8,07	49,95%
3	7,67	15,34	7,06	53,98%
4	7,43	17,47	8,60	50,76%
5	7,73	13,61	7,45	45,28%
6	7,53	12,62	7,11	43,66%
7	7,77	10,95	6,74	38,49%
8	7,60	49,73	8,42	83,07%
9	7,37	23,43	8,44	63,98%
10	7,57	82,61	9,30	88,74%
11	7,67	22,03	9,42	57,26%
12	7,53	15,42	7,20	53,31%
13	7,67	11,68	7,07	39,49%
14	7,63	10,64	6,65	37,55%
15	7,60	9,57	6,04	36,87%
16	7,60	8,68	5,32	38,71%
17	7,60	8,24	6,22	24,48%
18	7,53	8,38	7,68	8,36%
19	7,53	7,38	6,95	5,87%
20	7,53	7,22	6,44	10,79%
21	7,57	8,30	7,73	6,78%
22	7,57	7,62	7,15	6,07%
23	7,57	7,36	6,63	9,91%
24	7,60	7,09	6,48	8,70%
25	7,57	10,30	8,33	19,06%
26	7,60	29,46	8,41	71,45%
27	7,50	8,75	6,28	28,29%
28	7,53	7,09	6,13	13,58%
PROM=	7,57	16,29	7,40	37,26%
MAX=	7,77	82,61	9,79	88,74%
MIN=	7,37	7,09	5,32	5,87%

De la tabla 29 se observa que en el mes de Febrero el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 88.74% y el mínimo es de 5.87%, los cuales corresponden pHs de 7.57 y 7.53 respectivamente.

Tabla N° 30: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Marzo 2015.

MARZO				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,57	6,69	6,10	8,72%
2	7,43	86,70	6,73	92,24%
3	7,57	55,32	8,59	84,47%
4	7,57	25,98	6,65	74,41%
5	7,30	196,76	10,91	94,46%
6	7,67	544,68	17,65	96,76%
7	7,43	178,28	15,45	91,34%
8	7,27	180,58	14,34	92,06%
9	7,27	188,54	12,30	93,48%
10	7,53	94,34	11,18	88,15%
11	7,40	78,07	12,47	84,03%
12	7,10	66,78	13,75	79,41%
13	7,30	37,44	12,88	65,60%
14	7,73	19,66	8,90	54,71%
15	7,30	16,64	8,61	48,26%
16	7,50	18,09	7,59	58,03%
17	7,60	12,78	6,86	46,28%
18	7,67	11,01	6,95	36,83%
19	7,33	470,50	12,45	97,35%
20	7,70	59,72	12,17	79,62%
21	7,73	31,37	9,50	69,70%
22	7,53	72,18	9,20	87,25%
23	7,97	18,98	7,95	58,10%
24	7,80	162,86	10,91	93,30%
25	7,80	68,74	12,41	81,94%
26	7,23	338,45	14,17	95,81%
27	7,90	77,89	12,54	83,90%
28	7,07	224,89	13,51	93,99%
29	7,40	228,46	14,36	93,72%
30	7,90	57,29	11,61	79,74%
31	7,87	110,71	13,83	87,51%
PROM=	7,53	120,66	11,05	77,13%
MAX=	7,97	544,68	17,65	97,35%
MIN=	7,07	6,69	6,10	8,72%

De la tabla 30 se observa que en el mes de Marzo el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 88.74% y el mínimo es de 5.87%, los cuales corresponden pHs de 7.57 y 7.53 respectivamente.

Tabla N° 31: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Abril 2015.

Abril				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,70	245,41	20,21	91,77%
2	7,57	163,17	17,23	89,44%
3	7,73	150,03	15,60	89,60%
4	7,70	197,55	17,40	91,19%
5	7,53	107,60	15,38	85,70%
6	7,93	194,50	13,97	92,82%
7	7,53	123,25	15,58	87,36%
8	7,67	80,98	15,26	81,16%
9	7,37	258,35	13,98	94,59%
10	7,53	67,18	12,65	81,18%
11	7,87	55,50	13,09	76,42%
12	7,73	42,20	10,71	74,62%
13	7,73	27,08	9,38	65,37%
14	8,00	27,61	8,26	70,07%
15	7,70	125,54	9,70	92,28%
16	7,73	31,91	8,77	72,52%
17	7,53	177,53	13,11	92,62%
18	7,83	34,21	9,90	71,06%
19	7,77	21,96	8,26	62,39%
20	7,63	39,72	11,84	70,19%
21	7,77	21,50	8,51	60,42%
22	7,80	21,00	9,45	55,00%
23	7,43	197,53	9,02	95,44%
24	7,53	149,94	9,92	93,39%
25	7,83	58,41	12,82	78,06%
26	7,83	33,05	8,51	74,24%
27	7,63	25,95	8,98	65,40%
28	7,80	21,63	9,64	55,43%
29	7,63	22,04	8,77	60,23%
30	7,77	15,12	8,80	41,77%
31				
PROM=	7,69	91,25	11,82	77,06%
MAX=	8,00	258,35	20,21	95,44%
MIN=	7,37	15,12	8,26	41,77%

De la tabla 31 se observa que en el mes de Abril el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 95.44% y el mínimo es de 41.77%, los cuales corresponden pHs de 7.43 y 7.77 respectivamente.

Tabla N° 32: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Mayo 2015.

MAYO				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,93	15,30	10,01	34,54%
2	7,93	15,02	11,88	20,87%
3	7,97	14,40	11,89	17,42%
4	7,50	164,01	14,68	91,05%
5	7,77	98,66	10,48	89,38%
6	7,23	146,51	11,24	92,33%
7	7,60	22,43	8,32	62,90%
8	7,37	189,36	11,87	93,73%
9	7,67	134,27	11,74	91,25%
10	7,57	50,71	12,30	75,75%
11	7,57	25,20	11,15	55,74%
12	7,63	19,52	9,22	52,76%
13	7,43	20,34	8,15	59,91%
14	7,80	16,90	8,38	50,39%
15	7,60	17,88	8,80	50,79%
16	7,77	13,14	8,40	36,05%
17	7,87	12,45	10,63	14,59%
18	7,83	10,94	8,97	18,05%
19	7,47	115,69	11,67	89,92%
20	7,40	42,60	12,01	71,81%
21	7,93	20,88	11,29	45,93%
22	7,90	16,56	12,39	25,16%
23	7,97	38,91	11,94	69,31%
24	7,77	136,30	11,82	91,33%
25	7,30	47,72	11,93	75,01%
26	7,85	18,06	11,70	35,23%
27	7,88	16,81	11,83	29,62%
28	7,88	65,37	12,14	81,43%
29	7,55	21,81	11,76	46,08%
30	7,95	15,12	11,72	22,49%
31	7,94	28,75	10,29	64,20%
PROM=	7,70	50,70	10,99	56,61%
MAX=	7,97	189,36	14,68	93,73%
MIN=	7,23	10,94	8,15	14,59%

De la tabla 32 se observa que en el mes de Mayo el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 93.73% y el mínimo es de 14.59%, los cuales corresponden pHs de 7.37 y 7.87 respectivamente.

Tabla N° 33: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Junio 2015.

JUNIO				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,83	22,89	9,39	58,98%
2	7,80	12,59	9,23	26,70%
3	7,80	11,97	10,23	14,58%
4	7,82	12,73	11,08	12,99%
5	7,80	11,00	8,65	21,36%
6	7,80	10,50	8,61	17,98%
7	7,73	9,54	8,64	9,43%
8	7,70	8,66	7,73	10,77%
9	7,73	8,02	7,17	10,60%
10	7,72	8,60	7,35	14,53%
11	7,82	8,03	7,62	5,19%
12	7,87	8,30	7,47	10,04%
13	7,82	7,77	6,98	10,09%
14	7,73	6,97	6,43	7,66%
15	7,58	6,98	6,22	10,98%
16	7,78	6,87	5,98	12,86%
17	7,63	196,78	8,73	95,56%
18	7,68	26,30	9,68	63,18%
19	7,75	13,50	6,98	48,27%
20	7,68	15,33	6,87	55,22%
21	7,73	12,52	7,65	38,88%
22	7,58	24,52	8,33	66,01%
23	7,63	10,85	7,02	35,33%
24	7,77	8,47	6,78	19,88%
25	7,87	9,08	8,60	5,32%
26	7,92	12,70	7,07	44,36%
27	8,00	8,48	7,57	10,81%
28	7,88	9,10	8,17	10,26%
29	8,03	7,63	6,60	13,54%
30	7,97	6,65	6,02	9,52%
PROM=	7,78	17,44	7,83	25,70%
MAX=	8,03	196,78	11,08	95,56%
MIN=	7,58	6,65	5,98	5,19%

De la tabla 33 se observa que en el mes de Junio el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 95.56% y el mínimo es de 5.19%, los cuales corresponden pHs de 7.63 y 7.82 respectivamente.

Tabla N° 34: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Julio 2015.

JULIO				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,95	6,15	5,78	5,96%
2	7,93	5,83	5,62	3,71%
3	7,88	5,72	5,27	7,87%
4	7,88	5,65	5,22	7,67%
5	7,77	5,38	5,00	7,12%
6	7,83	4,92	4,25	13,56%
7	7,70	21,18	7,40	65,07%
8	7,62	5,88	5,30	9,92%
9	7,58	9,03	5,80	35,79%
10	7,64	6,61	5,13	22,46%
11	7,67	5,06	4,27	15,54%
12	7,71	5,36	4,76	11,19%
13	7,79	5,53	5,04	8,82%
14	7,78	5,71	4,85	15,10%
15	7,80	27,93	9,10	67,41%
16	7,73	9,90	8,16	17,55%
17	7,63	6,56	5,76	12,19%
18	7,58	5,51	4,81	12,70%
19	7,58	5,01	4,63	7,73%
20	7,61	5,10	4,70	7,84%
21	7,60	5,30	4,76	10,14%
22	7,61	5,06	4,64	8,40%
23	7,63	5,26	4,81	8,55%
24	7,63	5,41	4,69	13,39%
25	7,54	5,09	4,59	9,83%
26	7,41	116,80	6,48	94,46%
27	7,39	43,96	12,21	72,22%
28	7,35	12,51	7,45	40,46%
29	7,36	8,71	6,93	20,52%
30	7,46	5,70	5,31	6,80%
31	7,53	5,34	4,91	7,96%
PROM=	7,65	12,17	5,73	20,90%
MAX=	7,95	116,80	12,21	94,46%
MIN=	7,35	4,92	4,25	3,71%

De la tabla 34 se observa que en el mes de Julio el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 94.46% y el mínimo es de 3.71%, los cuales corresponden pHs de 7.41 y 7.93 respectivamente.

Tabla N° 35: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Agosto 2015.

Agosto				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,55	5,11	4,85	5,13%
2	7,68	4,94	4,61	6,58%
3	7,78	4,64	4,33	6,74%
4	7,78	4,75	4,41	7,11%
5	7,88	4,35	3,83	12,07%
6	7,94	4,04	3,70	8,36%
7	7,91	3,60	3,30	8,33%
8	7,86	3,84	3,63	5,54%
9	7,70	3,98	3,79	4,72%
10	7,64	3,71	3,26	12,12%
11	7,59	6,16	4,08	33,87%
12	7,40	5,48	3,68	32,88%
13	7,55	3,13	3,00	4,00%
14	7,58	3,64	3,09	15,12%
15	7,55	3,86	3,59	7,12%
16	7,50	3,68	3,20	12,93%
17	7,60	6,74	3,74	44,53%
18	7,30	6,31	4,13	34,65%
19	7,53	3,21	2,51	21,79%
20	7,53	3,03	2,64	12,81%
21	7,48	3,65	3,00	17,81%
22	7,48	3,19	2,76	13,33%
23	7,50	2,81	2,46	12,44%
24	7,58	3,09	2,59	16,19%
25	7,55	2,96	2,66	10,13%
26	7,63	3,80	3,46	8,88%
27	7,74	3,12	3,06	1,92%
28	7,75	5,60	3,08	45,09%
29	7,69	204,35	6,53	96,81%
30	7,66	71,28	14,19	80,09%
31	7,81	6,95	5,49	21,04%
PROM=	7,63	12,87	3,96	20,00%
MAX=	7,94	204,35	14,19	96,81%
MIN=	7,30	2,81	2,46	1,92%

De la tabla 35 se observa que en el mes de Agosto el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 96.81% y el mínimo es de 1.92%, los cuales corresponden pHs de 7.69 y 7.74 respectivamente.

Tabla N° 36: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Septiembre 2015.

SEPTIEMBRE				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,80	4,68	4,09	12,57%
2	7,79	3,96	3,53	11,04%
3	7,70	3,73	3,29	11,74%
4	7,68	4,59	3,13	31,88%
5	7,55	312,28	12,06	96,14%
6	7,63	189,39	12,90	93,19%
7	7,53	35,51	11,03	68,95%
8	7,30	28,00	9,00	67,86%
9	7,23	12,90	7,13	44,77%
10	7,48	9,43	7,44	21,09%
11	7,35	76,31	7,39	90,32%
12	7,26	80,75	16,76	79,24%
13	7,48	152,33	8,75	94,26%
14	7,23	49,39	9,60	80,56%
15	7,33	338,04	13,54	96,00%
16	7,21	36,69	9,71	73,53%
17	7,31	45,23	9,25	79,55%
18	7,30	21,56	7,63	64,64%
19	7,36	22,63	7,98	64,75%
20	7,60	305,51	10,23	96,65%
21	7,38	120,11	11,03	90,82%
22	7,71	56,10	12,53	77,67%
23	7,43	19,54	9,13	53,29%
24	7,51	12,39	7,05	43,09%
25	7,44	136,46	10,06	92,63%
26	7,76	43,13	12,88	70,14%
27	7,59	15,04	8,69	42,23%
28	7,69	10,48	7,00	33,17%
29	7,61	8,71	8,19	6,03%
30	7,61	7,30	6,50	10,96%
31				
PROM=	7,49	72,07	8,91	59,96%
MAX=	7,80	338,04	16,76	96,65%
MIN=	7,21	3,73	3,13	6,03%

De la tabla 36 se observa que en el mes de Septiembre el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 96.65% y el mínimo es de 6.03%, los cuales corresponden pHs de 7.60 y 7.61 respectivamente.

Tabla N° 37: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Octubre 2015.

OCTUBRE				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,60	6,70	6,63	1,12%
2	7,60	6,64	6,29	5,27%
3	7,63	5,80	5,51	4,96%
4	7,61	6,01	5,48	8,94%
5	7,53	5,93	5,51	6,96%
6	7,60	4,90	4,53	7,65%
7	7,68	271,34	12,74	95,31%
8	7,58	34,84	12,49	64,16%
9	7,51	509,54	16,26	96,81%
10	7,69	118,65	14,74	87,58%
11	7,49	29,73	9,20	69,05%
12	7,40	211,08	9,90	95,31%
13	7,55	27,44	10,28	62,55%
14	7,66	15,58	7,81	49,84%
15	7,58	10,26	7,33	28,62%
16	7,43	151,66	10,21	93,27%
17	7,51	68,36	12,36	81,92%
18	7,38	206,48	16,84	91,85%
19	6,80	379,18	18,40	95,15%
20	7,49	71,13	14,23	80,00%
21	7,55	141,29	17,03	87,95%
22	7,44	109,28	12,49	88,57%
23	7,35	72,84	16,45	77,42%
24	7,75	33,80	12,69	62,46%
25	7,03	107,46	13,85	87,11%
26	7,44	52,79	15,51	70,61%
27	7,71	30,89	13,68	55,73%
28	7,60	73,96	10,86	85,31%
29	8,01	26,70	12,84	51,92%
30	7,53	20,05	11,59	42,21%
31	7,61	14,06	9,06	35,56%
PROM=	7,53	91,11	11,38	60,36%
MAX=	8,01	509,54	18,40	96,81%
MIN=	6,80	4,90	4,53	1,12%

De la tabla 37 se observa que en el mes de Octubre el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 96.81% y el mínimo es de 1.12%, los cuales corresponden pHs de 7.51 y 7.60 respectivamente.

Tabla N° 38: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Noviembre 2015.

NOVIEMBRE				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,61	15,58	8,59	44,86%
2	7,46	12,10	6,86	43,29%
3	7,71	138,83	9,26	93,33%
4	7,55	19,85	9,79	50,69%
5	7,80	13,50	8,45	37,41%
6	7,70	12,09	6,71	44,47%
7	7,49	220,45	14,35	93,49%
8	7,66	63,38	15,65	75,31%
9	8,00	25,29	13,39	47,06%
10	7,90	15,90	9,60	39,62%
11	7,99	105,94	7,33	93,09%
12	7,94	20,33	9,43	53,63%
13	7,69	156,89	10,00	93,63%
14	7,89	20,70	9,35	54,83%
15	7,85	93,30	10,69	88,55%
16	7,56	139,35	15,69	88,74%
17	7,96	29,01	14,04	51,62%
18	7,61	24,49	12,71	48,09%
19	7,69	124,25	13,29	89,31%
20	7,24	30,24	13,00	57,01%
21	7,89	22,65	11,65	48,57%
22	7,51	177,75	13,55	92,38%
23	7,64	59,98	14,71	75,47%
24	7,80	30,69	14,29	53,44%
25	7,19	186,84	15,20	91,86%
26	7,78	175,30	15,28	91,29%
27	7,40	47,70	14,74	69,10%
28	7,71	28,36	12,51	55,88%
29	7,76	19,06	10,79	43,41%
30	7,40	273,43	12,84	95,30%
31				
PROM=	7,68	76,77	11,79	66,82%
MAX=	8,00	273,43	15,69	95,30%
MIN=	7,19	12,09	6,71	37,41%

De la tabla 38 se observa que en el mes de Noviembre el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 95.30% y el mínimo es de 37.41%, los cuales corresponden pHs de 7.40 y 7.80 respectivamente.

Tabla N° 39: Comportamiento de la turbiedad después del proceso de coagulación-Floculación en el mes de Diciembre 2015.

DICIEMBRE				
DÍA	pH	TURBIEDAD (UNT)		PORCENTAJE DE REMOCIÓN
		Agua cruda	Agua decantada	
1	7,98	65,65	13,33	79,70%
2	7,65	31,58	14,86	52,93%
3	7,96	22,01	13,69	37,82%
4	7,81	21,38	10,60	50,41%
5	8,04	18,83	9,91	47,34%
6	7,99	19,79	9,91	49,91%
7	7,93	104,24	10,20	90,21%
8	7,94	16,74	8,39	49,89%
9	8,01	14,28	7,56	47,02%
10	7,95	15,13	7,26	51,98%
11	8,01	13,43	5,76	57,08%
12	8,16	13,73	7,51	45,26%
13	7,50	76,79	11,03	85,64%
14	7,54	28,24	8,85	68,66%
15	7,98	33,91	13,81	59,27%
16	7,66	18,70	11,18	40,24%
17	7,99	14,18	10,36	26,90%
18	8,09	19,93	9,11	54,27%
19	8,04	244,08	15,14	93,80%
20	7,94	45,71	15,44	66,23%
21	7,68	21,43	10,15	52,63%
22	7,95	16,28	8,15	49,92%
23	7,86	24,95	7,20	71,14%
24	7,70	13,53	6,95	48,61%
25	7,55	140,19	7,84	94,41%
26	7,24	142,76	15,05	89,46%
27	7,49	334,23	14,20	95,75%
28	7,26	287,93	17,35	93,97%
29	7,44	92,46	17,90	80,64%
30	7,56	49,61	14,13	71,53%
31	8,01	67,88	15,65	76,94%
PROM=	7,80	65,47	11,24	63,86%
MAX=	8,16	334,23	17,90	95,75%
MIN=	7,24	13,43	5,76	26,90%

De la tabla 39 se observa que en el mes de Diciembre el porcentaje de remoción máximo alcanzado es de 95.75% y el mínimo es de 26.90%, los cuales corresponden pHs de 7.49 y 7.99 respectivamente.

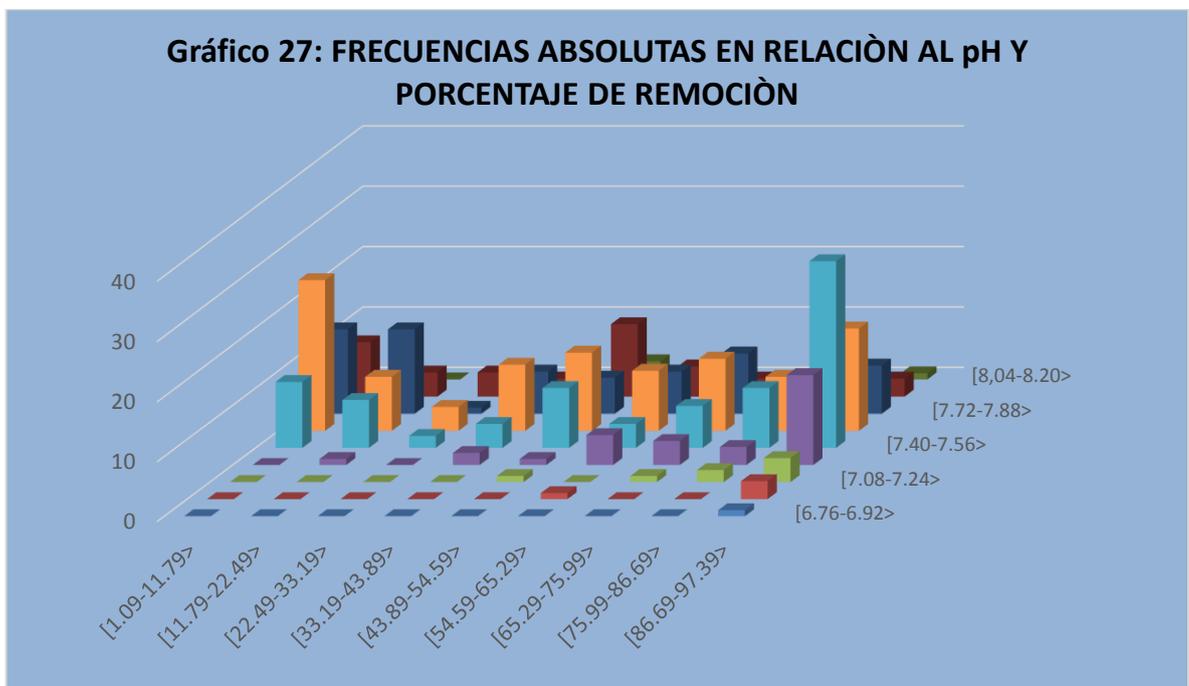
Tabla N° 40: Comportamiento de la turbiedad promedio antes y después del proceso de coagulación-Floculación en el año 2015.

PROMEDIO MENSUAL				
MES	pH (promedio)	TURBIEDAD INICIAL	TURBIEDAD FINAL	REMOCIÓN
ENERO	7,50	109,60	12,56	78,15%
FEBRERO	7,57	16,29	7,40	37,26%
MARZO	7,53	120,66	11,05	77,13%
ABRIL	7,69	91,25	11,82	77,06%
MAYO	7,70	50,70	10,99	56,61%
JUNIO	7,78	17,44	7,83	25,70%
JULIO	7,65	12,17	5,73	20,90%
AGOSTO	7,63	12,87	3,96	20,00%
SEPTIEMBRE	7,49	72,07	8,91	59,96%
OCTUBRE	7,53	91,11	11,38	59,96%
NOVIEMBRE	7,68	76,77	11,79	66,82%
DICIEMBRE	7,80	65,47	11,24	63,86%

De la tabla 40 se observa que el mayor promedio de remoción se presenta en los meses de Enero Marzo y Abril, para pHs promedios de 7.50, 5.53 y 5.69 respectivamente, así mismo los menores porcentajes de remoción promedio se presenta en los meses de Julio y Agosto.

Tabla N° 41: Frecuencias Absolutas de las muestras en relación al pH (X) y porcentaje de Remoción (Y) en el año 2015.

Y X	[1.09- 11.79>	[11.79- 22.49>	[22.49- 33.19>	[33.19- 43.89>	[43.89- 54.59>	[54.59- 65.29>	[65.29- 75.99>	[75.99- 86.69>	[86.69- 97.39>	SUB TOTAL
[6.76- 6.92>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
[6.92- 7.08>	0	0	0	0	0	1	0	0	3	4
[7.08- 7.24>	0	0	0	0	1	0	1	2	4	8
[7.24- 7.40>	0	1	0	2	1	5	4	3	15	31
[7.40- 7.56>	11	8	2	4	10	4	7	10	31	87
[7.56- 7.72>	25	9	4	11	13	10	12	9	17	110
[7.72- 7.88>	14	14	1	7	6	7	10	5	8	72
[7.88- 8,04>	9	4	4	3	12	5	3	5	3	48
[8,04- 8.20>	0	0	0	0	3	0	0	0	1	4
SUB TOTAL	59	36	11	27	46	32	37	34	83	365



De la tabla N° 41 y gráfico N° 27 se observa que la mayor cantidad de muestras presenta porcentajes más altos de remoción (86.69% a 97.39%) para pHs comprendidos en rango de pH de 7.24 a 7.88.

3.1.5. Determinación del grado de correlación entre el pH del agua y el porcentaje de remoción de la turbiedad:

Para determinar el grado de correlación entre variables se ha calculado el coeficiente de correlación de Pearson, según se muestra a continuación:

- ✓ Se han agrupado los datos de todo el año de las variables en estudio:
 $X = \text{el pH}$
 $y = \text{Porcentaje de Remoción de la turbiedad}$
- ✓ Se ha calculado los promedios así como las sumatorias requeridas para la determinación del coeficiente de correlación.

$$\bar{x} = 7.63$$

$$\bar{y} = 53.75$$

Nº	pH (x_i)	Porcentaje de remoción (y_i)	$x_i - \bar{x}$	$y_i - \bar{y}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$(y_i - \bar{y})^2$	$(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$
01	7,47	91,95%	-0,16	0,38	0,026	0,146	-0,061
02	7,47	92,33%	-0,16	0,39	0,026	0,149	-0,062
03	7,53	94,27%	-0,10	0,41	0,010	0,164	-0,041
04	7,57	77,70%	-0,06	0,24	0,004	0,057	-0,015
.
.
.
365	8,01	76,94%	0,38	0,23	0,144	0,054	0,088
Σ			-1,22 ⁻¹²	-4,8 ⁻¹⁵	16,420	35,365	-7,578

- ✓ Cálculo del Coeficiente de Correlación

$$r = \frac{\Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \Sigma(y_i - \bar{y})^2}}$$

$$r = \frac{7.560}{\sqrt{16.420 \times 36.210}}$$

$$r = -0,314$$

➡ Sí existe correlación entre variables pues el valor es diferente de cero, el grado de correlación es negativa débil.

3.2. Discusiones

- ✓ En relación a las características de los procesos de tratamiento empleados en la planta de tratamiento de agua para consumo de la ciudad de Moyobamba, y según lo referido por **Lidia de Vargas**, se trata de una planta de filtración rápida completa, que incluye los procesos de coagulación, decantación, filtración y desinfección. Este tipo de procesos se adecuan a las características del agua a tratar, y permiten obtener agua en condiciones adecuadas para el consumo humano, según los estándares establecidos.

- ✓ De los resultados de determinación de pH se observa que la mayor variación entre los valores máximos y mínimos se presenta en los meses de Enero, Marzo, Octubre, Noviembre y diciembre, coincidiendo con la época de lluvia característica de la zona de estudio. Así mismo los valores de pH de todo el año 2015 se encuentran en rango de 6.80 y 8.16, lo que muestra que la fluctuación de dichos valores se encuentran concentrados alrededor de un pH ligeramente alcalino.

- ✓ De los resultados de determinación de turbiedad del agua al ingreso de la planta de tratamiento, se observa que la mayor variación entre los valores máximos y mínimos se presenta en los meses de Enero, Marzo, Octubre, Noviembre y diciembre, coincidiendo con la época de lluvia característica de la zona de estudio.

- ✓ De los resultados relacionados a la turbiedad del agua decantada y el porcentaje de remoción, se observa que en la mayor cantidad de meses del año 2015, los mayores porcentajes de remoción se encuentran relacionados a valores de pH cercanos a 7.5 y los menores porcentajes de remoción se relacionan a valores de pH más elevados, ello concuerda con lo indicado por **Yolanda Andía**, quien indica que para sales de aluminio el rango de pH para la coagulación es de 6.5 a 8.0.

- ✓ Se ha calculado que el valor del coeficiente de correlación entre las variables de estudio es de -0.314, lo cual según lo referido por **Antonio Nieves y Federico C. Domínguez**, corresponde a una correlación débil, dado que está comprendido en rango de **-0,5 a 0**.

3.3. Conclusiones

- La planta de tratamiento de agua potable de la ciudad de Moyobamba, que es de tipo de filtración rápida completa, presenta condiciones de operatividad adecuadas, que permiten obtener agua en condiciones apropiadas para el consumo humano.
- El parámetro del pH para el agua que es tratada en la planta de tratamiento de agua para consumo de la ciudad de Moyobamba, se encuentra en un rango comprendido entre 6.8 y 8.16, que corresponde a un pH promedio ligeramente alcalino.
- La turbiedad del agua que ingresa a la planta de tratamiento, presenta valores comprendidos 2.81 NTU y 564.88 NTU lo que está asociado a las variaciones climáticas de la zona de estudio, habiéndose registrado el mayor valor promedio en el mes de Marzo (120.66 NTU).
- Los mayores porcentajes de remoción de la turbiedad del agua en la planta de tratamiento de agua para consumo en la ciudad de Moyobamba, se encuentran relacionados a valores de pH cercanos a 7.5 y los menores porcentajes de remoción se relacionan a valores de pH más elevados.
- El pH influye en el proceso de coagulación y floculación en el tratamiento de agua para consumo de la ciudad de Moyobamba, en un nivel débil debido a la poca variabilidad del pH del agua sometida a tratamiento.

3.4. Recomendaciones

- A los docentes, estudiantes y egresados de la escuela profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín, recomendamos:
 - Realizar nuevas investigaciones que contemplen la búsqueda de correlación entre otros parámetros físico químicos que puedan influir en el proceso de coagulación – floculación.
 - Realizar nuevas investigaciones que permitan determinar dosis óptimas de coagulantes para determinados rangos de pH.

- A los profesionales, encargados de evaluar la factibilidad de fuentes de captación de agua para consumo humano, realizar estudios para fuentes de que podrían presentar mayores o menores valores de pH a los presentados en el presente estudio, pues la influencia de este parámetro puede condicionar el proceso de tratamiento.

- A la Empresa Prestadora de Servicios – EPS Moyobamba, a través de su área de producción, monitorear en forma continua los parámetros físico químicos, para contar con datos históricos del comportamiento de la calidad del agua y permita optimizar los procesos de coagulación floculación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

- American Water Works Association (2002). *Calidad y tratamiento del agua. Manual de suministros de agua comunitaria*. (5ta ed.) España: McGraw Hill.
- Andía, Y. (2000). *Evaluación de Plantas y Desarrollo Tecnológico. Tratamiento de agua: coagulación-floculación*. Lima Perú.
- Arboleda, J. (2000). *Teoría y práctica de la purificación del agua*. Bogotá: Mc Graw Hill y ACODAL.
- Barrenechea, A. (2004). *Tratamiento de Agua para Consumo Humano - Plantas de Filtración Rápida-Coagulación*. Perú.
- Castro, M. y Pérez, J. (1981). *Programa Regional de Mejoramiento de Calidad de Agua para Consumo Humano. Sub Módulo "Determinación de Variables Químicas"*. Perú.
- Chang, R. (2007). *Química*. (9na Ed.) México: McGraw – Hill Interamericana.
- Calzada, J. (1995). *Métodos Estadísticos Aplicados a la Investigación Agrícola*. Lima-Perú.
- De Vargas, L. (2004). *Tratamiento de Agua para Consumo Humano - Plantas de Filtración Rápida-Procesos Unitarios y Plantas de Tratamiento*. Perú.
- Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud (2011). *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano DS N° 031-2010-SA*. Lima – Perú
- EPS Moyobamba SrLtda. (2006). *Plan Maestro Optimizado 2006 – 2035*. Perú.
- Guerra, F. (2008). *Universidad Iberoamericana Laboratorio de Ingeniería Ambiental. Prueba de Coagulación – Floculación*. México.
- Moya, R. (1991). *Estadística Descriptiva e Inferencial*. Perú: San Marcos.

Nieves, A. y Domínguez, F. (2013). *Probabilidad y Estadística para Ingeniería*. (1era ed.) México. Mc. Graw Hill.

Organización Mundial de la Salud. (2004). *Guías para la Calidad del Agua Potable*. (3era ed.) Geneve - Suiza.

Perez J. y Espigares M. (1995). *Estudio sanitario del agua*. Universidad de Granada – España.

Ramírez, F. (2005). *Tratamiento de Desinfección del Agua Potable*. España: Canal Isabel II.

Restrepo, H. (2009). *Evaluación del Proceso de Coagulación – Floculación de una Planta de Tratamiento de Agua Potable*. Universidad Nacional De Colombia Sede Medellín Facultad De Minas. Colombia.

Rodríguez, C. (1995). *Operación y mantenimiento de plantas de tratamiento de agua*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Santafé de Bogotá.

Singley, J. (1974). *Revisión de la Teoría de la Coagulación del Agua*. Universidad de Florida. Florida – EE. UU.

REFERENCIA VIRTUAL:

- ✓ Organización de las Naciones Unidas – Departamento de Asuntos Económicos y Sociales (ONU - DAES). (2014). *Calidad del Agua*. Recuperado de <http://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality>.
- ✓ Ministerio Del Ambiente – Instituto Nacional de Estadística e Informática (MINAM – INEI). Sistema nacional de Información ambiental (SINIA). Recuperado de <http://sinia.minam.gob.pe/>.

ANEXOS

1.- PANEL FOTOGRÁFICO:

Imagen 01: Vista de las principales estructuras de la planta de tratamiento de agua de la ciudad de Moyobamba.



Imagen 02: Vista del canal de mezcla rápida, estructura en la cual se realiza la adición de coagulante al agua a tratar.



Imagen 03: Equipos empleados para determinar los parámetros de pH y turbidez.



Imagen 04: Realizando la determinación de los parámetros de pH y turbidez de las respectivas muestras.



Imagen 05: Determinación de dosis óptima para la adición de coagulante mediante la prueba de jarras.

